

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA  
INDUSTRIAL

# TRABAJO FIN DE GRADO

## *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA RIEGO DE CULTIVO EN PALENCIA*

**Alumna:** Relea, Sastre, Elena

**Director:** Mazón, Sainz-Maza, Javier

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** Bilbao, 20, 06, 2019

## RESUMEN

En una época en la que cada vez hay más conciencia del cambio climático y dónde las energías renovables están en auge, es necesario optar por alternativas solidarias con el medioambiente. Teniendo esto en mente, se decidió estudiar un sistema de bombeo solar en el municipio de Palencia.

Como es sabido, gran porcentaje del terreno en Castilla y León va destinado a la agricultura. Además, junto con su abundante irradiación solar es el combo perfecto para la instalación de un sistema de bombeo solar. En este caso particular, el bombeo solar irá destinado al riego por aspersión de de 1,39 ha de remolacha azucarera.

Palabras clave: Bombeo solar, Aspersión, Bombeo directo.

## ABSTRACT

At a time when there is increasing awareness of climate change and where renewable energies are booming, it is necessary to opt for alternatives that are in solidarity with the environment. With this in mind, it was decided to study a solar pumping system in the town of Palencia.

As is well known, a large percentage of the land in Castilla y León goes to agriculture. In addition, along with its amount of solar radiation is the perfect combo for the installation of a solar pump system. In this particular case, the solar pumping will be destined to the sprinkler irrigation of 1.39 ha of sugar beet.

Keywords: Solar pumping, sprinkler irrigation, direct pumping.

## **LABURPENA**

Klima aldaketari buruzko sentsibilizazioa handitzen ari den garaian eta energia berriztagarrien gorakada dela eta, beharrezkoa da ingurumenarekin bat egiten duten aukerak aukeratzea. Hori kontuan hartuta, Palentziako udalerrian eguzki ponpaketa sistema aztertzea erabaki zen.

Jakina den bezala, Gaztela eta Leongo lurzoruaren ehuneko handi bat nekazaritzan jarduten da. Horrez gain, eguzki-erradiazio ugari du, eguzki-ponpa sistema instalatzeko konbinazio ezin hobea bilakatuz. Kasu horretan, eguzki-ponpaketa 1,39 ha-ko azukre erremolatxa ureztaketarako erabili egingo da.

Gako-hitzak: Eguzki ponpaketa, Spray, zuzeneko ponpaketa.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

## **INDICE**

<b>I. MEMORIA.....</b>	<b>- 9 -</b>
1 . INTRODUCCIÓN.....	- 9 -
2 . CONTEXTO .....	- 9 -
2.1 CONTEXTO DE LA ENERGÍA SOLAR .....	- 9 -
2.2 CONTEXTO REMOLACHA.....	- 13 -
2.3 CONTEXTO DEL AGUA .....	- 14 -
3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO .....	- 15 -
4. BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO .....	- 16 -
5. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS : COMPONENTES DE UN SITEMA DE BOMBEO SOLAR .....	- 17 -
5.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	- 18 -
5.2 GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	- 20 -
5.3 BOMBA ELÉCTRICA.....	- 21 -
5.4 CONTROLADORES PARA BOMEBO SOLAR.....	- 23 -
5.5 SISTEMA DE ACUMULACIÓN .....	- 24 -
5.6 GRUPO ELECTRÓGENO.....	- 25 -
6. ANALISIS DE ALTERNATIVAS.....	- 25 -
6.1. FOTOVOLTAICO .....	- 26 -
6.2 EÓLICA .....	- 26 -
6.3 GENERADOR ELÉCTRICO CONECTADO A RED .....	- 26 -
6.4 GENERADOR DIESEL .....	- 27 -
6.5 MANUAL.....	- 27 -
7. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. DISEÑO BÁSICO-	- 27 -
<b>II. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL TRABAJO.....</b>	<b>- 30 -</b>
8. CÁLCULOS: OBTENCIÓN DE LOS DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO .....	- 30 -
8.1 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS MEDIANTE CROPWAT .....	- 30 -
8.2 ESTUDIO SOLAR.....	- 33 -
8.3 PASO DE DATOS A EXCEL.....	- 36 -

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

8.4 CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LAS TUBERÍAS .....	- 37 -
8.5 ALTURA HIDRÁULICA .....	- 37 -
8.6 ENERGÍA HIDRÁULICA Y POTENCIA ELECTRICA .....	- 38 -
<b>9. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS: DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR .....</b>	<b>- 40 -</b>
9.1 ACUMULADOR DE REGULACIÓN .....	- 40 -
9.2 TUBERÍAS .....	- 41 -
9.3 ELECCIÓN DE BOMBA .....	- 41 -
9.4 PANELES SOLARES .....	- 43 -
9.5 CONTROLADOR + VARIADOR .....	- 45 -
9.6 CONFIGURACIÓN SERIE-PARALELO DE LOS PANELES.....	- 48 -
9.7 ESTRUCTURA .....	- 49 -
9.8 CABLEADO .....	- 50 -
9.9 GRUPO ELECTROGENO .....	- 53 -
9.10 PROTECCIONES.....	- 54 -
<b>10. DESCRIPCIÓN DE TAREAS, FASES O PROCEDIMIENTOS ...</b>	<b>- 55 -</b>
<b>11. DIAGRAMA DE GANTT.....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>III ASPECTOS ECONÓMICOS.....</b>	<b>- 59 -</b>
12. DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO DE LO EJECUTADO .....	- 59 -
13. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD .....	- 60 -
13.1 GASTOS DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR.....	- 60 -
13.2 GASTOS DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON MOTOBOMBA.....	- 62 -
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>- 66 -</b>
<b>V. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>- 67 -</b>

### **ANEXO I : NORMATIVA**

### **ANEXO II : FICHAS TÉCNICAS**

### **ANEXO III : ESQUEMAS Y DISEÑO DE DETALLE**

## LISTA DE FIGURAS

<i>Ilustración 1: Esquema de los tipos de energía solar. Fuente: Apuntes de la Escuela de Ingeniería de Bilbao</i>	- 10 -
<i>Ilustración 2: Esquema básico de una instalación de energía solar térmica. Fuente: solar-energía.net</i>	- 10 -
<i>Ilustración 3: Aprovechamiento pasivo del sol. Fuente: www.placa-solar.com.</i>	- 11 -
<i>Ilustración 4 : Esquema del funcionamiento de la energía fotovoltaica . Fuente: energias-renovables-ylimpias.blogspot.com</i>	- 12 -
<i>Ilustración 5 : Dibujo de un Qanat. Fuente: www.elixirofknowledge.com</i>	- 15 -
<i>Ilustración 6: Esquema orientativo de un sistema de bombeo solar. Fuente: www.tutiendaenergetica.es.</i>	- 17 -
<i>Ilustración 7: Efecto fotoeléctrico. Fuente: Wikipedia</i>	- 18 -
<i>Ilustración 8 : Módulo de silicio monocristalino. Fuente: www.merkasol.com</i>	- 19 -
<i>Ilustración 9: Módulo policristalino. Fuente: www.distribucionessolares.es</i>	- 19 -
<i>Ilustración 10: Módulo amorfo. Fuente: listado.mercadolibre.com.mx</i>	- 19 -
<i>Ilustración 11: Electrobomba . Fuente: http://www.ventageneradores.net/</i>	- 21 -
<i>Ilustración 12: Esquema clasificación de las bombas de agua. Fuente: www.demaquinasyherramientas.com</i>	- 21 -
<i>Ilustración 13: Esquema de los tipos de bomba hidráulicas según el principio de funcionamiento. Fuente: portalelectromecanico.com</i>	- 22 -
<i>Ilustración 14: Bomba hidráulica recomendada según carga dinámica y caudal. Fuente: ww.solar.nmsu.edu</i>	- 22 -
<i>Ilustración 15: Inversor fotovoltaico. Fuente: www.solar.nmsu.edu</i>	- 23 -
<i>Ilustración 16: Optimizador SolarEdge 5RM4MRS. Fuente: www.monsolar.com</i>	- 24 -
<i>Ilustración 17: Recomendación de fuente de energía a utilizar según las características del sistema. Fuente: Libro Manual de bombeo solar</i>	- 25 -
<i>Ilustración 18: Ubicación de la parcela. Fuente: SIGPAC.</i>	- 28 -
<i>Ilustración 19: Esquema del sistema de bombeo solar del proyecto presente. Fuente: Propia</i>	- 28 -
<i>Ilustración 20: Valores Et0 del software Cropwat para la región de Palencia</i>	- 30 -
<i>Ilustración 21: Valores de la precipitación del software Cropwat para la región de Palencia. Fuente: Propia</i>	- 31 -
<i>Ilustración 22: Valores del cultivo del software Cropwat para la remolacha. Fuente: Propia</i>	- 31 -
<i>Ilustración 23: Valores del suelo del software Cropwat para la región de Palencia. Fuente: Propia</i>	- 32 -
<i>Ilustración 24: Resultados obtenidos en el software Cropwat para el cultivo de la remolacha en la región de Palencia. Fuente: Propia.</i>	- 33 -
<i>Ilustración 25: Ángulos de acimut y de inclinación. Fuente : Montaje, medición y seguimiento del funcionamiento de Paneles Fotovoltaicos en combinación a un sistema de generación eólico de baja potencia instalados en un invernadero.</i>	- 33 -
<i>Ilustración 26: Consecuencia de punto caliente en una placa. Fuente: www.sfe-solar.com</i>	- 34 -
<i>Ilustración 27: Esquema del funcionamiento de los diodos Bypass en los paneles. Fuente: www.sfe-solar.com.</i>	- 35 -
<i>Ilustración 28: Introducción de los datos para el cálculo de HPS. Fuente: PVGIS.</i>	- 35 -
<i>Ilustración 29: Resultados del programa PVGIS. Fuente: PVGIS.</i>	- 36 -
<i>Ilustración 30: Bomba IDEAL 4HP. Fuente: Autosolar.</i>	- 42 -
<i>Ilustración 31: Sistema de control de bombeo 400V + Fuji 5.5kWp IP20 50Mt. Fuente: Autosolar.</i>	- 45 -
<i>Ilustración 32: Cable unifilar POWERFLEX RV-K. Fuente: TOPCABLE.com.</i>	- 51 -
<i>Ilustración 33: Generador Gasolina MONCAYO 4500W. Fuente: Autosolar</i>	- 53 -

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de la distribución de la tierra en los años 2018 y 2017. Fuente: ESYRCE. _____	- 13 -
Tabla 2: Ventajas y desventajas de la energía fotovoltaica. Fuente: Propia. _____	- 17 -
Tabla 3: Comparación de los diferentes módulos fotovoltaicos más comerciales . Fuente: <a href="http://www.energiasrenovablesinfo.com">www.energiasrenovablesinfo.com</a> _____	- 20 -
Tabla 4: Necesidades hídricas para la cosecha de la remolacha en Palencia. Fuente: Propia _____	- 36 -
Tabla 5: HPS obtenidas con PVGIS . Fuente: Propia. _____	- 37 -
Tabla 6: Cálculo de la energía hidráulica y la potencia eléctrica. Fuente : Propia. _____	- 39 -
Tabla 7: Características mecánicas, físicas y eléctricas de la tubería ADEQUA. Fuente: <a href="http://adequa.es">adequa.es</a> . ____	- 41 -
Tabla 8: Características de la bomba IDEAL 4HP. Fuente: Autosolar. _____	- 42 -
Tabla 9: Energía generada cada mes en función de las HPS . Fuente: Propia. _____	- 43 -
Tabla 10: Características de los paneles STP330 - 24/Vfw. Fuente: Autosolar. _____	- 44 -
Tabla 11: Características del variador. Fuente: Autosolar. _____	- 47 -
Tabla 12: Características del Cuadro IP20. Fuente: Autosolar _____	- 47 -
Tabla 13: Características Variador Fuji 5,5kW. Fuente: Frenic Solar-Ace. _____	- 48 -
Tabla 14: Características de cable unifilar POWERFLEX RV-K. Fuente: <a href="http://TOPCABLE.com">TOPCABLE.com</a> _____	- 52 -
Tabla 15: Datos técnicos del cable AFUMEX CLASS 750 V. Fuente: PRYSMIAN GROUP. _____	- 52 -
Tabla 16: Características técnicas Generador gasolina MONCAYO. Fuente: Power Product Genergy. _____	- 53 -
Tabla 17: Gastos referentes a las horas internas. Fuente : Propia _____	- 59 -
Tabla 18: Gastos referentes a las amortizaciones. Fuente: Propia _____	- 59 -
Tabla 19: Gastos referentes a otras categorías. Fuente: Propia. _____	- 59 -
Tabla 20: Resumen del presupuesto _____	- 59 -
Tabla 21: Gastos de la instalación fotovoltaica. Fuente: Propia. _____	- 61 -
Tabla 22: Cálculo del coste total de combustible del generador de gasolina. Fuente: Propia. _____	- 62 -
Tabla 23: Gastos instalación de bombeo con generados de gasolina. Fuente : Propia. _____	- 63 -
Tabla 24: Características Motobomba Nervión. Fuente: Genergy. _____	- 64 -
Tabla 25: Características de la motobomba Nervión para las necesidades de este proyecto. Fuente: Propia. _____	- 64 -
Tabla 26: Cálculo del coste total de combustible del generador de gasolina. Fuente: Propia. _____	- 64 -
Tabla 27: Comparación de los gastos entre instalación fotovoltaica y generador de gasolina. Fuente: Propia. _____	- 65 -



## LISTA DE GRÁFICAS

*Gráfica 1: Evolución de las diferentes energías a nivel mundial. Fuente: Bloomberg New Energy Finance*

\_\_\_\_\_ - 12 -

*Gráfica 2 : Energía fotovoltaica generada. Fuente: Red Eléctrica de España.* \_\_\_\_\_ - 13 -

*Gráfica 3: Evolución de la superficie regada en Castilla y León (2008-2018). Fuente: ESYRCE.* \_\_\_\_\_ - 14 -

*Gráfica 4: Curva de características de los paneles STP330 - 24/Vfw. Fuente: Autosolar.* \_\_\_\_\_ - 44 -

*Gráfica 5: Curva de rendimiento de las Motobombas GENERGY. Fuente: Autosolar* \_\_\_\_\_ - 63 -

# **I. MEMORIA**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Son muchos los factores que hacen que hoy en día en el sector agrícola sea imprescindible abaratar costes. Los beneficios de los cultivos cada vez son menores y se hace muy complicado rentabilizarlos, el precio de la energía eléctrica y del combustible cada vez es mayor. A estos dos factores se le suma la escasez de agua que se está sufriendo en gran parte del país, sobre todo en comunidades muy secas.

En la ardua tarea de abaratar costes, la energía juega un papel muy importante. Actualmente, en el caso particular de riego mediante un sistema de bombeo se disponen de varias formas de obtener energía, así como; aerogenerador, generador de combustible, red eléctrica o una instalación fotovoltaica.

Es por eso que, en este proyecto, se estudiará un sistema fotovoltaico destinado al riego por aspersión de la remolacha azucarera en la región de Palencia. En él, se analizarán los diferentes componentes que conforman el sistema, así como una explicación de la opción elegida entre las diferentes alternativas.

## **2. CONTEXTO**

### **2.1 CONTEXTO DE LA ENERGÍA SOLAR**

En las antiguas civilizaciones romanas, chinas y griegas ya se hacía un uso de la energía solar. Mayoritariamente para fines bélicos, utilizaban espejos curvos para concentrar los rayos de sol en un punto y hacer arder un objeto. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XIX cuando aparecieron las primeras instalaciones de bombeo, a raíz del descubrimiento de los colectores capaces de proporcionar la energía en forma de vapor.

Fue el inventor francés Auguste Mouchout quien en 1865 consiguió crear una máquina que convertía energía solar en mecánica. Su principal objetivo era la sustitución del combustible de la máquina de vapor, carbón o leña, por el calor solar. En este y los múltiples posteriores intentos se tenía como finalidad el bombeo de agua.

Fue en el año 1838 cuando se descubrió el efecto fotovoltaico a manos del francés Alexandre Edmond Becquerel. Y fue en 1956 cuando aparecieron las primeras células solares en el mercado, pero debido a su elevado coste eran accesible solamente a una pequeña porción de la población.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

En los años 70 resurgió el uso de la energía solar, después de haber estado en los años 50 y 60 al margen debido al muy bajo coste de los combustibles fósiles, como el carbón y el gas natural.

Hoy en día la energía solar es la fuente de todas las energías a excepción de la nuclear, geotérmica y mareomotriz. Dentro de la energía solar podemos diferenciar la eléctrica, donde predominan los sistemas fotovoltaicos, y la térmica, que a su vez se distingue en sistemas pasivos y activos.

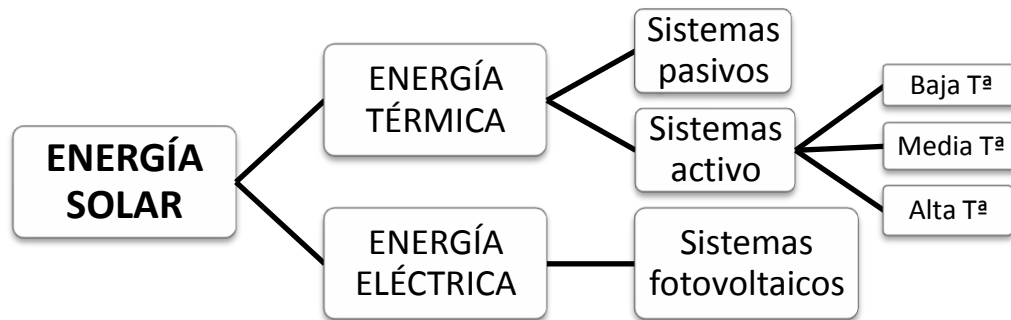


Ilustración 1: Esquema de los tipos de energía solar. Fuente: Apuntes de la Escuela de Ingeniería de Bilbao

### 2.1.1 Energía térmica activa

Los sistemas activos de la energía térmica consisten en la transferencia del calor procedente del sol a un fluido, generalmente al agua o aire.

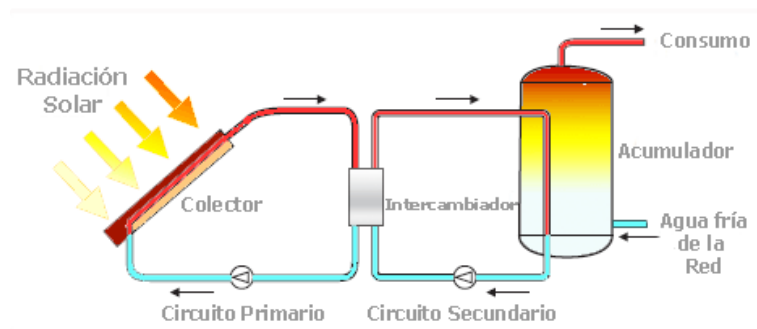


Ilustración 2: Esquema básico de una instalación de energía solar térmica. Fuente: solar-energía.net

La generación de energía eléctrica mediante este tipo de sistemas se utiliza tanto para viviendas e instalaciones pequeñas como para grandes centrales térmicas. Dependiendo de la aplicación, se usan unos colectores u otros:

- Colectores de temperatura baja: Para temperaturas 65 °C. Se encargan de suministrar calor útil a temperaturas bajas.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

- Colectores de temperatura media: Para temperaturas entre 100 °C y 300 °C. Sirven para concentrar la radiación solar y entregar el calor útil. Sus colectores son espejos parabólicos o lentes planas.
- Colectores de temperatura alta: Para temperaturas mayores de 500 °C. Se utilizan para la generación de energía eléctrica. El sistema de concentración consiste en un receptor central o discos parabólicos.

### 2.1.2 Energía térmica pasiva

Consiste en diseñar los edificios de forma que almacenen el calor en invierno y lo rechacen en verano. Se denominan sistema pasivo puesto que no requieren de dispositivos mecánicos ni eléctricos.

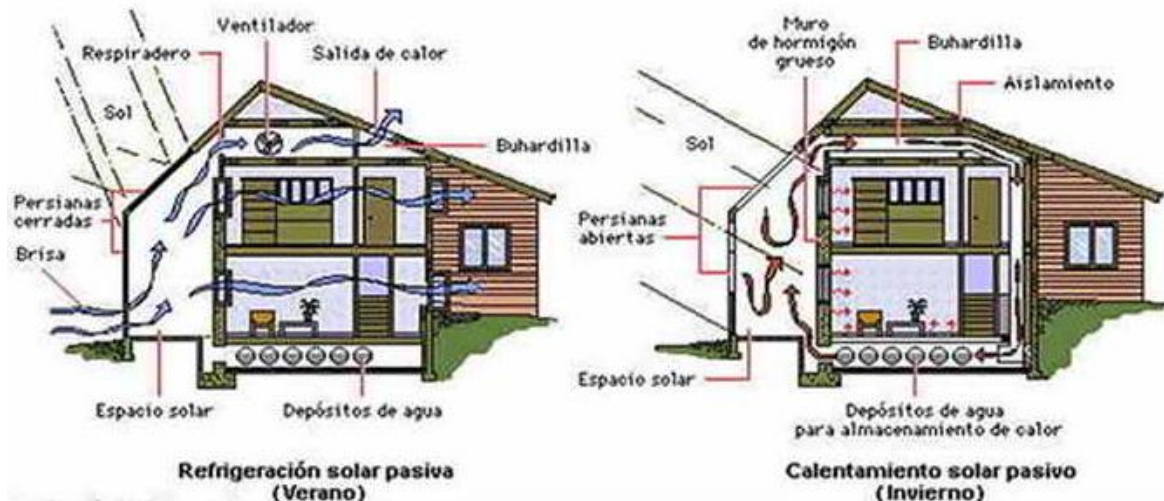


Ilustración 3: Aprovechamiento pasivo del sol. Fuente: [www.placa-solar.com](http://www.placa-solar.com).

Los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diseño de este tipo de sistemas es el clima local y las leyes de la termodinámica, puesto que la energía pasiva se fundamenta en la temperatura y la transferencia de calor.

En comparación con los otros tipos de energía solar, su principal beneficio es el poco o inexistente costo para de trabajo.

### 2.1.3 Energía eléctrica

Como ya se ha mencionado antes, dentro de la energía eléctrica los sistemas fotovoltaicos son los más conocidos. Estos se encargan de transformar la radiación solar directa en energía eléctrica, mediante las células fotovoltaicas donde el material más utilizado es el silicio.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

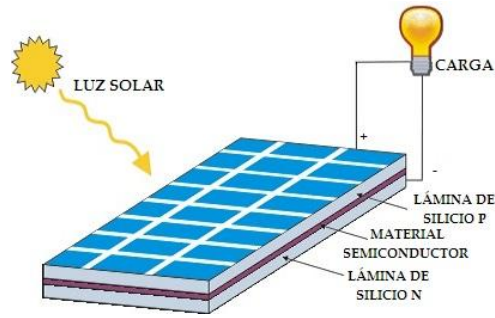
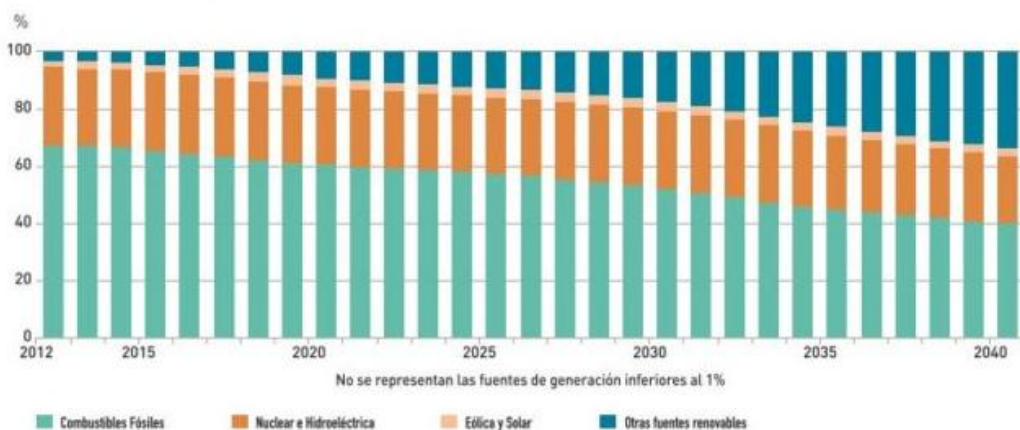


Ilustración 4 : Esquema del funcionamiento de la energía fotovoltaica . Fuente: energias-renovables-ylimpias.blogspot.com

Dentro de las instalaciones fotovoltaicas se pueden distinguir dos tipos:

- Instalaciones con conexión a red: La energía que se produce se utiliza para la venta a la red eléctrica
- Instalaciones aisladas: Se utiliza para el autoconsumo.
- Instalación híbridas: Es una combinación de las dos anteriores.

Si hacemos un análisis de la evolución de la energía fotovoltaica, según Unión Fotovoltaica Española (UNEF), a nivel mundial se prevé un crecimiento de su uso.

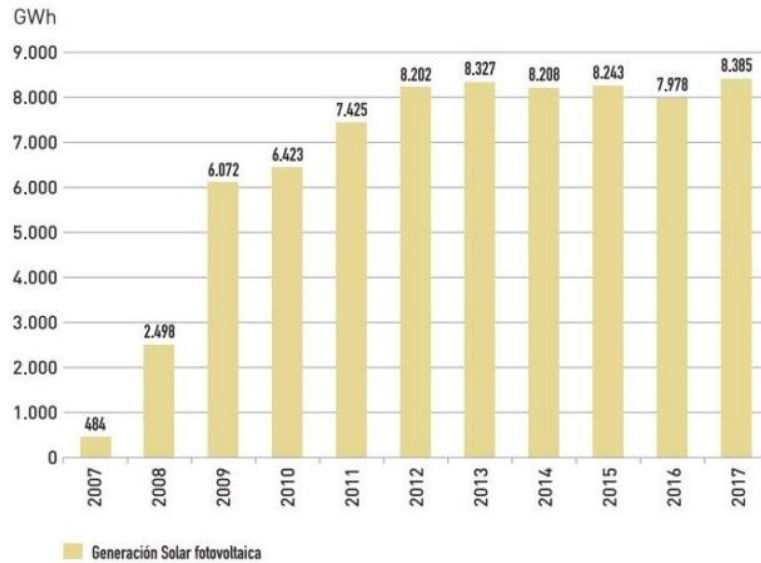


Gráfica 1: Evolución de las diferentes energías a nivel mundial. Fuente: Bloomberg New Energy Finance

Por tanto el mercado será más competitivo, donde su base será una constante reducción de costes y en este escenario las energías renovables serán fundamentales.

En 2017 el sector fotovoltaico creció más de un 30%. En España, sin embargo, pese a ser uno de los países de la Unión Europea con más horas de Sol, hay un estancamiento. Este estancamiento se debe en gran parte a la inestabilidad en torno al marco normativo en España.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia



Gráfica 2 : Energía fotovoltaica generada. Fuente: Red Eléctrica de España.

## 2.2 CONTEXTO REMOLACHA

Como en este proyecto se va a estudiar el caso concreto de el riego de la remolacha azucarera en Palencia, es necesario explicar la evolución que ha sufrido la producción en los últimos años y como se prevén los años venideros.

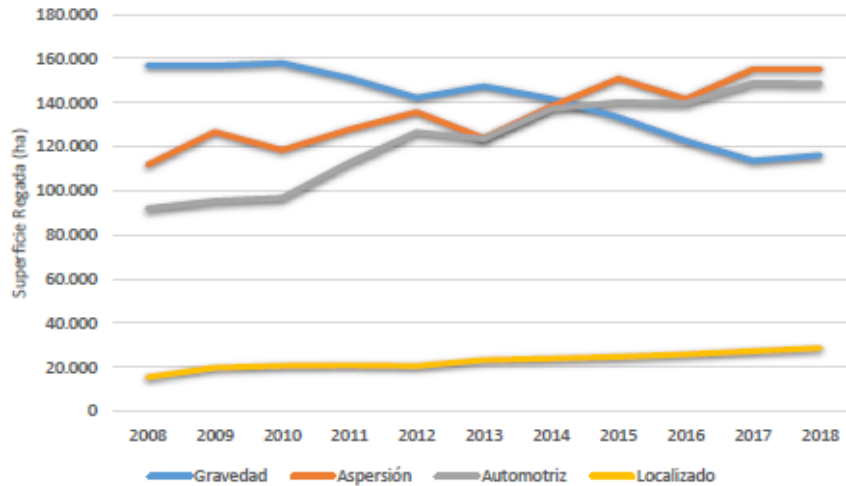
La remolacha es una planta que consta de ciclo bianual. Sin embargo, la producción de azúcar industrial se da en el primer año, en la fase vegetativa. Su origen proviene de Europa y actualmente su producción la lideran países como Rusia, Polonia, Francia, Alemania, Turquía, Estados Unidos y Canadá. España dentro de la Unión Europea se encuentra en el séptimo lugar. Donde aproximadamente un tercio (33,64%) de la superficie geográfica de España va destinada a la agricultura.

Tipo de Tierra	2017	2018
Tierra Arable	11.734.402	11.659.925
Cultivos leñosos	5.099.831	5.215.001
Otras tierras de cultivo	167.529	138.763
Tierras de Cultivo	17.001.762	17.013.689
Prados y pastos	8.362.875	8.279.564
Superficie Forestal	19.299.420	19.407.717
Otras Superficies	5.929.692	5.893.826
<b>Total Sup. Geográfica</b>	<b>50.593.749</b>	<b>50.594.796</b>

Tabla 1: Resultados de la distribución de la tierra en los años 2018 y 2017. Fuente: ESYRCE.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Si nos centramos en Castilla y León, el 98,97% de la superficie destinada al cultivo de la remolacha es regada, y tan solo el 1,03% es de secano. Además, según las estadísticas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación el regadío por aspersión está incrementando. Mientras que el riego por gravedad, que tradicionalmente ha sido el más popular, está disminuyendo. Los motivos principales de esto último, sería la ineficiencia y la gran cantidad de agua desaprovechada.



Gráfica 3: Evolución de la superficie regada en Castilla y León (2008-2018). Fuente: ESYRCE.

Observando las estadísticas de los últimos años podemos observar que la producción del cultivo de la remolacha en España ha ido decayendo. Aunque entre los años 2009-2011 hubo una subida producida por la mejora de las técnicas de cultivo.

No obstante, según Naciones Unidas se prevé que en 2030 se llegue a 8.300 M de personas, esto significa que se necesitarán un 56% más de alimentos. En esta nueva situación España puede llegar a ser mucho más competitiva de lo que es actualmente, mediante la incorporación de energía fotovoltaica abaratando así los costes, y ajustándose a las nuevas normativas de producir más energía verde. Ya que en comparación con los países que lideran la producción de remolacha, España posee mayor irradiación solar.

### 2.3 CONTEXTO DEL AGUA

Cuando en las antiguas civilizaciones predominaba la agricultura el agua era abundante. En los asentamientos humanos en los que había un difícil acceso a él se crearon mecanismos para su obtención. Como por ejemplo, los denominados " qanats " en Irán en el siglo V a.C que consisten en un sistema galerías que permite la extracción de aguas subterráneas.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

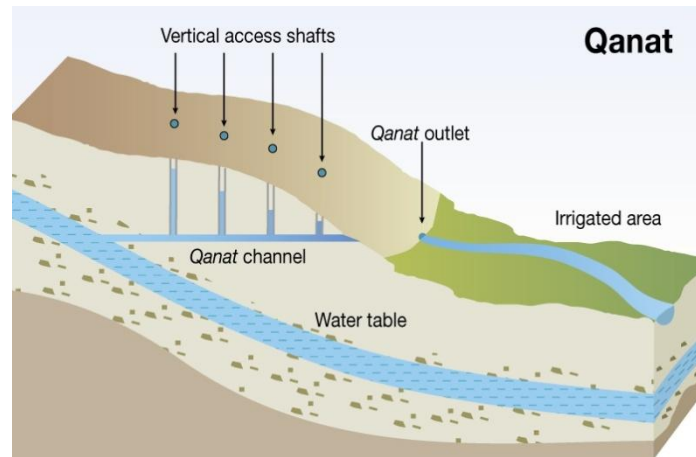


Ilustración 5 : Dibujo de un Qanat. Fuente: [www.elixirofknowledge.com](http://www.elixirofknowledge.com)

También se construían embalses para la desviación del curso de los ríos, ideaban sistemas de distribución de riego, o bien excavaban pozos.

No obstante, hoy en día el agua es un bien escaso. Pese a llamarse planeta azul, tan solo el 0.3 % del total del agua es potable y tiene fácil acceso, como lagos y ríos. Esto sin tener en cuenta la contaminación de dichas aguas.

Según la revista de AIMCRA, en todo el mundo alrededor de 7.130 km<sup>3</sup> son usados cada año para la producción de cultivos. Aproximadamente el 80% proviene de la lluvia y el 20% del riego. Aunque de las 1500M hectáreas de cultivo solo 277M son de riego, estas aseguran la mayoría de los alimentos que se consumen. El agua tiene una especial importancia en la agricultura; condiciona la producción, es un bien escaso y el coste de riego cada vez es más elevado. Teniendo en cuenta todo lo mencionado, se llega a la conclusión de que la optimización del agua es fundamental.

### **3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO**

El objetivo principal de este proyecto es el dimensionado de una instalación fotovoltaica de bombeo solar aislado, concretamente para riego por aspersión de la remolacha en Palencia. De esta forma, se ofrecerá una alternativa a la forma tradicional de riego, el método de gravedad. Este método pese a ser uno de los más económicos por su simple infraestructura también es uno de los menos eficientes y desperdicia gran cantidad de agua. Así mismo, adaptándose al esplendor de las energías renovables, este estudio ofrece una opción de energía verde que ayudará a la situación medioambiental actual.

Para el estudio de la instalación es preciso conocer las necesidades hídricas del cultivo a regar, para lo que se utilizará el programa CROPWAT y CLIMWAT. Una vez calculadas las necesidades hídricas y sabiendo las horas a las que trabajará la bomba, se podrá obtener la potencia necesaria a la que debemos alimentarla.



## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Con todo esto, enumeraremos los objetivos de forma que al finalizar el proyecto podamos verificar cuál de ellos se han cumplido y cuáles no, de una forma clara y sencilla:

1. Llevar a cabo un proyecto con los conocimientos adquiridos en el Grado Superior de Ingeniería Industrial.
2. Que dicho proyecto no se solo teórico, sino que también se pueda poner en práctica.
3. Dar a conocer la energía fotovoltaica en el campo de la agricultura
4. Comprobar que la energía fotovoltaica es la mejor de las opciones
5. Que el proyecto sea en todo momento sostenible con el medioambiente.

### **4. BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO**

En este apartado se analizarán de forma genérica las ventajas e inconvenientes del bombeo solar, en los puntos necesarios se particularizará para el caso concreto que se trata en este proyecto.

El acceso a la red eléctrica y la construcción y mantenimiento de la distribución de las mismas es todavía un privilegio limitado a los países desarrollados. Dicho esto, se hace obvio que los grupos electrógenos como fuente de alimentación sean la primera opción en los países en vía de desarrollo, junto con sus correspondientes consecuencias más directas; la contaminación y el coste elevado de combustible. Es por esto que, la instalación de un sistema fotovoltaico en la mejor de las opciones, en especial para aquellas zonas en las que no hay acceso a electricidad y para aplicaciones agrarias.

En el caso de la región de Palencia, pese a ser una comunidad perteneciente a un país desarrollado, el acceso a la Red Eléctrica de España en las zonas rurales es muy limitado, bien por su alto costo de accesibilidad o porque directamente no se puede acceder a ella.

Ahora bien, aunque son pocas las desventajas de la energía fotovoltaica frente a sus ventajas, son algunos de estos contras los que pueden impedir la instalación de la misma. Ya que, aunque la energía solar es barata requiere una gran inversión inicial para su instalación, además de un amplio terreno. Es más, se suele dar que son en los lugares desérticos y alejados de las ciudades dónde se da mayor radiación solar. Por último, apuntar la falta de baterías más económicas y fiables.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado se muestra la siguiente tabla comparativa que resume las ventajas y desventajas más significativas:

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Requerimiento de bajo mantenimiento</li><li>2. No necesita combustible</li><li>3. Fácil de instalar</li><li>4. Tiempo de vida elevado</li><li>5. Buena fiabilidad</li><li>6. Funciona sin supervisión</li><li>7. Se adapta a las necesidades</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Inversión inicial elevada</li><li>2. Variabilidad de rendimiento y producción con las condiciones climáticas</li><li>3. Ocupa más superficie que otras alternativas</li></ol>

Tabla 2: Ventajas y desventajas de la energía fotovoltaica. Fuente: Propia.

Para finalizar, mencionar varios estudios realizados en Estados Unidos por Sandia National Laboratory en los cuales se indica que el sistema de bombeo solar será rentable cuando el caudal se encuentre entre los  $20 \frac{m^3}{día}$  y  $150 \frac{m^3}{día}$ .

### **5. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS : COMPONENTES DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR**

Se ha decidido adjuntar un esquema de un sistema de bombeo solar de forma orientativa, para la explicación teórica de cada uno de los componentes que lo conforman. Como se verá más adelante, tanto componentes como la finalidad del sistema de bombeo puede variar dando lugar a un nuevo esquema.

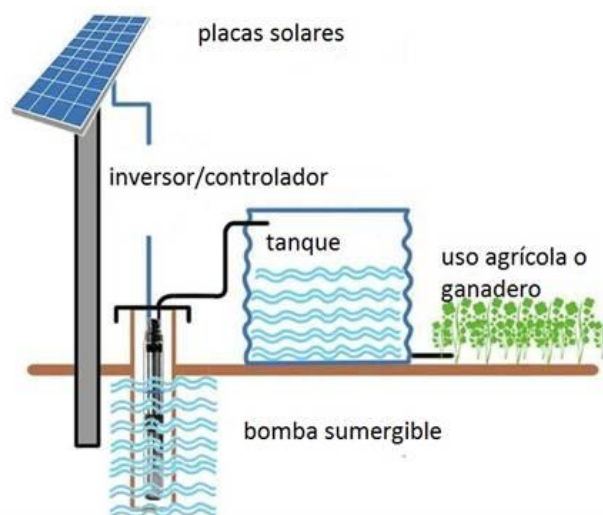


Ilustración 6: Esquema orientativo de un sistema de bombeo solar. Fuente: [www.tutiendaenergetica.es](http://www.tutiendaenergetica.es).

Como se puede observar en el esquema, todo sistema de bombeo solar constará de; un conjunto de células fotovoltaicas que conformarán el generador fotovoltaico; un inversor, un controlador o cualquier otro tipo de dispositivo electrónico que regule la corriente eléctrica

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

que se le suministre a la bomba en las condiciones necesarias; una (o varias) bomba eléctrica, que será la encargada de elevar el caudal a la altura necesaria; un sistema de acumulación ya sea mediante baterías o depósitos de acumulación, por si hubiera algún fallo. Por último, y no por ello menos importante, el cableado y las tuberías que se encargaran de transportar la energía y el caudal respectivamente.

### 5.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Las células fotovoltaicas son las encargadas de transformar la energía solar en eléctrica debido al efecto fotoeléctrico.

- Efecto fotoeléctrico: Es el desprendimiento de los electrones de un material cuando en él se hace chocar rayos electromagnéticos, que en general suele ser luz visible o ultravioleta.

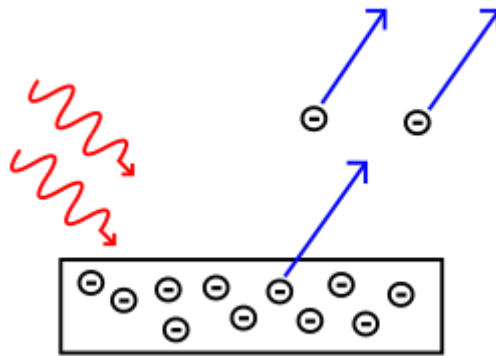


Ilustración 7: Efecto fotoeléctrico. Fuente: Wikipedia

Por ello, las células deben estar compuestas por un material que presente efecto fotoeléctrico. De las características de este dependerá la energía útil obtenida. En el mercado, las células de silicio son las más populares cuya eficiencia está en torno al 16%, aunque varía según el tipo de silicio. Desde las células de silicio amorfo con un 6% de eficiencia hasta el 22% de las células de silicio monocristalino.

Si hacemos una clasificación más profunda podemos distinguir los siguientes tipos de módulos (conjunto de células dispuestas en serie para aumentar el voltaje).

- Módulos de silicio monocristalino: Compuestas por secciones de silicio puro, son las que más eficiencia tienen dentro del mercado, entre 18% - 25%. La obtención de este tipo de material tiene un alto costo.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia



Ilustración 8 : Módulo de silicio monocristalino. Fuente: [www.merkasol.com](http://www.merkasol.com)

- Módulos de silicio policristalino: Se fabrican mediante silicio fundido que se solidifica y se cristaliza en lingotes. Su eficiencia está entorno al 12% y son los más extendidos comercialmente.

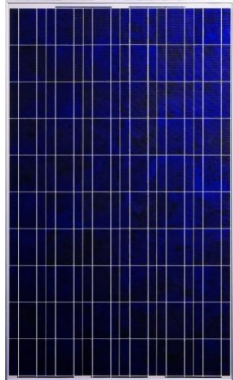


Ilustración 9: Módulo policristalino. Fuente: [www.distribucionessolares.es](http://www.distribucionessolares.es)

- Módulos de silicio amorfo: Son los más baratos y eso se ve reflejado en el rendimiento que ronda el 6%. Consta de una capa delgada de sílice no cristalino. Se utilizan principalmente cuando ni el espacio ni la eficiencia son factores importantes.



Ilustración 10: Módulo amorfo. Fuente: [listado.mercadolibre.com.mx](http://listado.mercadolibre.com.mx)

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Resumiendo todo lo mencionado en una tabla:

CÉLULAS	RENDIMIENTO EN LABORATORIO (%)	RENDIMIENTO REAL (%)	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
<b>Monocrystalino</b>	30	18 - 25	La celda tiene un color azul homogéneo.  Las células están conectadas entre si	Obtención del silicio puro.
<b>Policristalino</b>	19-20	12 - 15	Diferentes tonalidades de azul.  Los cristales de su superficie son captados por el ojo humano	Menos fases de cristalización que en el proceso de Monocrystalino
<b>Amorfo</b>	12	4 - 8	La celda tiene un color marrón homogéneo.  No se puede apreciar la conexión de sus celdas	Una capa fina de sílice es depositada en una base de vidrio o plástico.

Tabla 3: Comparación de los diferentes módulos fotovoltaicos más comerciales . Fuente: [www.energiasrenovablesinfo.com](http://www.energiasrenovablesinfo.com)

### 5.2 GENERADOR FOTOVOLTAICO

El generador fotovoltaico es el conjunto de módulos que lo conforman, que a su vez están formados por un conjunto de células. Como ya se ha explicado antes, debido al efecto fotoeléctrico generan electricidad de corriente continua (DC) al exponerlos a la luz solar.

Es condición necesaria que el panel fotovoltaico esté compuesto por células que tengan los mismos parámetros eléctricos, así se evitará que se produzcan descompensaciones que limiten el funcionamiento. De igual modo, como las células están colocadas en serie la intensidad de toda una rama se verá limitada por la célula con menor corriente.

Por otro lado, los paneles se pueden conectar en serie y/o paralelo dependiendo de la demanda que queramos abastecer. Asimismo, para optimizar la generación de energía eléctrica, los paneles se deberán instalar en una zona con abundante radiación lo más libre o abierta posible, de forma que no haya sombras provenientes de árboles o edificios, por ejemplo.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Más adelante se explicarán los ángulos de inclinación y orientación de los paneles que también tienen gran importancia a la hora de optimizar al máximo la eficiencia. Así como la estacionalidad o la zona donde se establecerán los paneles.

### 5.3 BOMBA ELÉCTRICA

La bomba es la máquina que se encarga de convertir la energía eléctrica generada en los paneles fotovoltaicos en energía mecánica, de forma que hace que el fluido (en nuestro caso agua) se eleve hasta la altura deseada. Para ello, la entrada de la electrobomba aspira el agua para después ser impulsado por un motor. Este motor trabaja como cualquier otro, de imanes permanentes o bien con bobinado, que se encarga de crear un campo magnético y lograr así que el impulsor gire con una velocidad continua. Como se explicará en el siguiente punto, dependiendo si la bomba trabaja en corriente continua o no se necesitará un inversor.

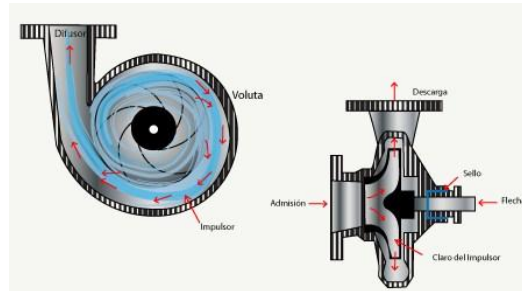


Ilustración 11: Electrobomba . Fuente: <http://www.ventageneradores.net/>

Existen diferentes tipos de clasificación para las bombas hidráulicas:



Ilustración 12: Esquema clasificación de las bombas de agua. Fuente: [www.demaquinasyherramientas.com](http://www.demaquinasyherramientas.com)

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Sin embargo, este proyecto se centrará en la clasificación según el principio de funcionamiento, y de entre todos los tipos únicamente en los más comunes para un sistema de bombeo solar.

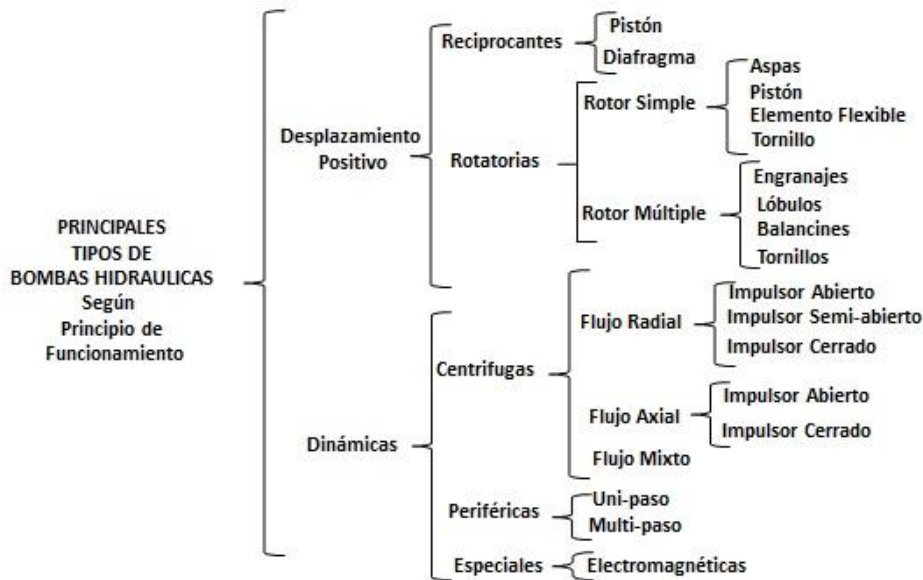


Ilustración 13: Esquema de los tipos de bomba hidráulicas según el principio de funcionamiento. Fuente: portalelectromecanico.com

De entre todos los tipos de bombas hidráulicas que podemos observar en el esquema de arriba, las más usadas para el bombeo solar y en concreto para el riego son las centrifugas. A la hora de seleccionar una bomba, entre otros muchos factores, es imprescindible tener en cuenta los siguientes dos aspectos;

- La relación entre el caudal del que disponemos o necesitamos y la altura que se quiere obtener.

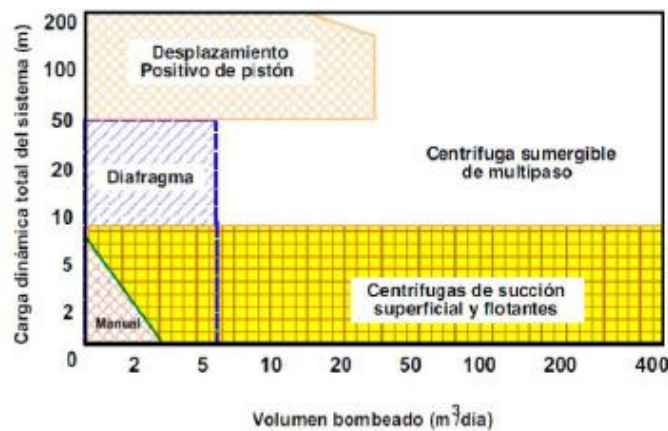


Ilustración 14: Bomba hidráulica recomendada según carga dinámica y caudal. Fuente: ww.solar.nmsu.edu

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

→ Dependiendo de dónde proviene el agua que succiona la bomba (río, lago, pozo profundo...) está será superficial o sumergible.

### 5.4 CONTROLADORES PARA BOMBEO SOLAR

Hay diferentes tipos de controladores, aun así, todos comparten un objetivo común; la gestión adecuada de la energía solar que se va a introducir en la bomba. Su forma de gestionar la energía será diferente para cada tipo de controlador.

#### 5.4.1 Inversores

En los casos en los que la electrobomba trabaje en corriente alterna será necesario hacer uso de un inversor. Este dispositivo se encargará de transformar la corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna. Estos dispositivos controlan la potencia mediante la regulación de tensión e intensidad de la bomba, ajustando el arranque y paro de la misma. En todo momento la frecuencia será fija.



Ilustración 15: Inversor fotovoltaico. Fuente: [www.solar.nmsu.edu](http://www.solar.nmsu.edu)

A la hora de elegir el inversor deberemos tener en cuenta las siguientes características:

- potencia de salida
- Temperatura
- Pico de potencia máxima
- Consumo de standby
- Tensión de funcionamiento

#### 5.4.2 Variadores de frecuencia

Los controladores son imprescindibles siempre que se quiera hacer funcionar una electrobomba perteneciente a sistema de bombeo solar directo. Como su nombre bien indica, son dispositivos que permiten variar la frecuencia haciendo que el arranque de la bomba sea más suave que en el caso de los inversores. Su avanzada forma de trabajar se ve reflejada en el coste, siendo la opción más cara



## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

La selección de este dependerá principalmente de la tensión a la que funcione la bomba.

### 5.4.3 Optimizadores

Su uso es opcional en sistemas de bombeo solar directo donde el generador fotovoltaico alimenta en corriente continua directamente la bomba. Son equipos que se conectan directamente a cada panel solar, de esta forma se puede controlar el rendimiento individual de cada panel. Así, cada panel puede estar trabajando en un punto diferente de la curva I-V.



Ilustración 16: Optimizador SolarEdge 5RM4MRS. Fuente: [www.monsolar.com](http://www.monsolar.com)

## 5.5 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

A causa de la variabilidad de la energía solar, se recomienda incluir un sistema de acumulación de forma que podamos obtener energía cuando no hay radiación solar. Son dos los sistemas de acumulación existentes:

- Acumulación de baterías.
- Acumulación en un depósito.

Generalmente, las baterías se utilizan en instalaciones en las que la demanda es a lo largo de todo el día. No se recomienda su uso en sistemas de bombeo solar debido a su elevado precio. Asimismo, necesitan mucho mantenimiento y pueden ser el origen de una falta.

Por su parte, los depósitos se suelen utilizar para bombeo solar. Se utilizan tanto como almacenamiento de reserva, para cuando no hay energía solar, como para obtener una mayor altura manométrica.

## 5.6 GRUPO ELECTRÓGENO

Para el caso particular de este proyecto se ha decidido prescindir de ambos sistemas de acumulación mencionados en el apartado anterior. Se trata de una parcela pequeña en la que se dispone de espacio limitado, además ambos sistemas harían que la inversión inicial fuera desproporcionada para las dimensiones y finalidad de este sistema de bombeo solar. Es por eso, que se ha decidido instalar un grupo electrógeno por si hubiera algún fallo o no se pudiera disponer de energía solar.

Un grupo electrógeno no es más que un generador eléctrico que se alimenta mediante un motor de combustión interna (mediante diésel o gasolina). Mayoritariamente su uso en sistemas de bombeo solar se debe al déficit de generación eléctrica.

Hay diferentes tipos de grupos electrógenos según el arranque:

- Arranque manual: Es el más común entre los grupos electrógenos de potencia baja. Aunque son los más baratos, también son los más complicados de utilizar.
- Arranque automático: Para que no se produzca una sobrecarga se debe configurar adecuadamente, de forma que pueda soportar la carga máxima definida.

## 6. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Obviamente el bombeo solar no es la única forma de generar energía para impulsar agua. A continuación, se explicarán las diferentes alternativas y se justificarán los motivos por los cuales no se han elegido.

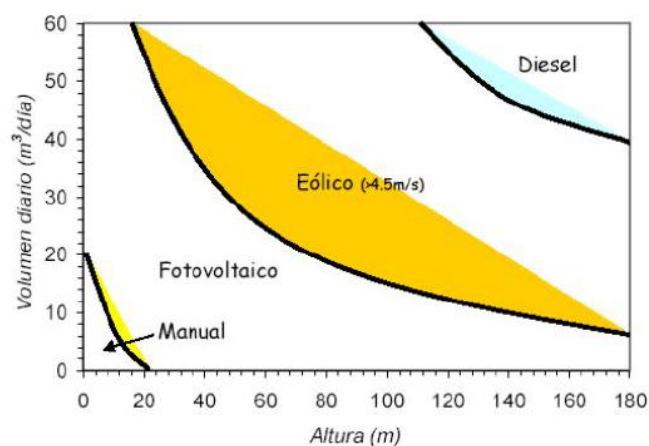


Ilustración 17: Recomendación de fuente de energía a utilizar según las características del sistema. Fuente: Libro Manual de bombeo solar

### **6.1. FOTOVOLTAICO**

Previamente ya se han explicado los pros y contras de la energía fotovoltaica. Es por eso que en este apartado nos centraremos únicamente en los aspectos más significativos.

El coste del montaje de una instalación fotovoltaica es elevado en comparación con las otras opciones que veremos a continuación. Sin embargo, es la opción más rentable a medio y largo plazo. Puesto que al ser una instalación aislada la energía con la que se trabaja no tendrá ninguna tasa o impuesto.

Por último, cabe hacer especial hincapié, una vez más, en la importancia de aumentar el consumo de las energías renovables.

### **6.2 EÓLICA**

La energía fotovoltaica comparte gran parte de sus ventajas con la energía eólica, siendo algunas de las más obvias su inexistente producción de dióxido de carbono y su rápida instalación. A pesar de ello, la energía eólica requiere viento constante. En el caso de Palencia instalar un sistema de bombeo alimentado por un aerogenerador sería inviable debido a su climatología. Ahora bien, si lo comparamos con un generador diésel o con un sistema de conexión a red sigue siendo más económico.

Resumiendo, la elección de un sistema de bombeo con aerogenerador frente a paneles solares dependerá en su mayoría de la disponibilidad de viento frente al sol.

### **6.3 GENERADOR ELÉCTRICO CONECTADO A RED**

Puesto que la instalación de paneles solares o aerogeneradores no siempre es posible, un generador eléctrico conectado a red es una gran alternativa, ya que al igual que las anteriores opciones no contamina.

En caso de alimentar un sistema de bombeo mediante la red eléctrica se recomienda tener un depósito, de esta forma reduciríamos costes, bombeando en las horas valle cuando la energía es más barata y regando con el agua almacenado durante el día.

Además, las instalaciones convencionales, frente a las fotovoltaicas, tienen un rango de utilización mayor. Pudiéndose utilizar la misma instalación para diferentes usos. Sin embargo, el terreno de este proyecto tendrá un uso exclusivo para labores agrícolas.

Igualmente, a pesar de ser una alternativa muy eficiente, las zonas de cultivo no siempre tienen acceso a la red eléctrica.

### **6.4 GENERADOR DIESEL**

Los grupos electrógenos a pesar de tener una inversión inicial baja en comparación con una instalación fotovoltaica su coste variable (el combustible) es muy elevado, además de necesitar asiduamente mantenimiento. Aún así, bien es cierto que la instalación de paneles solares requiere de una superficie amplia, mientras que con un generador diesel no es necesario.

Aunque nuestro sistema constará de un grupo electrógeno, de ninguna forma este va a trabajar como la fuente de energía principal. Su instalación será por seguridad, para garantizar que aun habiendo algún fallo el sistema de bombeo seguirá funcionando.

Es por esto, que el uso de un generador diesel será siempre la última de las opciones, esta opción se contemplará solo cuando no sea posible llevar a cabo ninguna de las anteriores, por su elevado coste y emisión de CO<sub>2</sub>.

### **6.5 MANUAL**

En los generadores manuales es el propio usuario el que produce el movimiento mediante una manivela para que así se cumpla la ley de Faraday. Es por esto, que su uso se reduce únicamente a situaciones en las que se quiere obtener potencias pequeñas durante poco tiempo. Están diseñados para tener dimensiones pequeñas de forma que sean fáciles de manejar.

## **7. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. DISEÑO BÁSICO**

El sistema de bombeo solar de este proyecto se pretende llevar a cabo en una parcela rectangular del municipio de Palencia. Las dimensiones de la parcela son 68m x 205m, y en total forman 1,39 ha. La finalidad del sistema de bombeo es el riego por aspersión. El total de la superficie de la parcela se empleará para el cultivo de la remolacha en verano.

La ubicación de la parcela se puede visualizar mediante el programa SIGPAC:

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia



Ilustración 18: Ubicación de la parcela. Fuente: SIGPAC.

De entre las alternativas que se han mencionado antes, se ha decidido estudiar el bombeo solar, es decir, sistema fotovoltaico. Por ser más económico que el generador diésel y puesto que no se dispone accesibilidad a la red eléctrica. Además, por tratarse de la provincia Palentina, es más abundante la radiación solar que el viento.

Con la intención de facilitarle al lector la comprensión de los siguientes apartados, se ha dibujado un esquema genérico de cómo va a ser el sistema de bombeo solar, los elementos de los que constará, a falta del generador de gasolina.

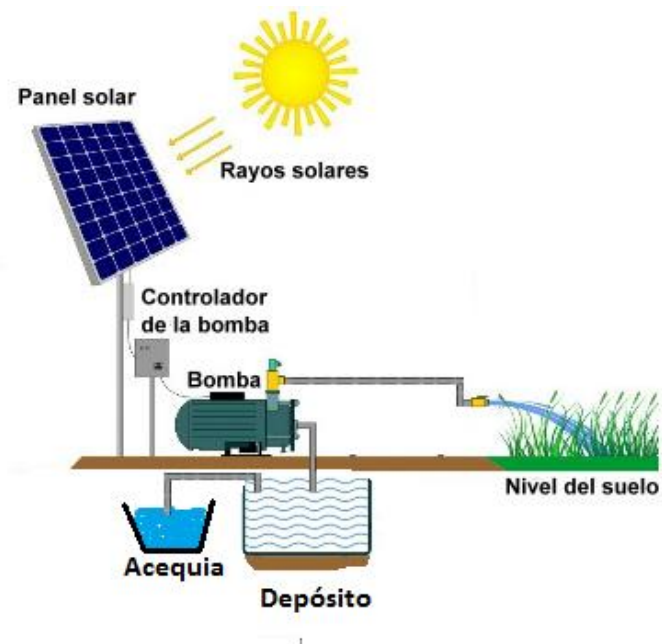


Ilustración 19: Esquema del sistema de bombeo solar del proyecto presente. Fuente: Propia

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Como se verá y justificará con detalle en los apartados posteriores, las características más significativas de los componentes del sistema de bombeo serán los siguientes:

1. Bomba hidráulica, centrífuga superficial de 3kW a 400V.
2. Paneles solares, conectados 16 en serie de 330W cada uno. En total se generan 5280W.
3. Estructura para paneles, 2000mm x 1000mm.
4. Inversor, potencia máxima 5,5kW con una tensión de salida de 400V.
5. Grupo electrógeno, generador de gasolina de 4,5kW.
6. Depósito de regulación, depósito flexible para agua potable de 30 m<sup>3</sup> de capacidad.

## II. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL TRABAJO

### 8. CÁLCULOS: OBTENCIÓN DE LOS DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO

#### 8.1 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS MEDIANTE CROPWAT

Para poder dimensionar cualquier sistema de bombeo, primero debemos conocer la demanda del mismo, por lo que el cálculo de las necesidades hídricas será nuestro punto de partida.

Cabe mencionar que existen dos tipos de consumo; el continuo y el estacional. Siendo este último el correspondiente a nuestro proyecto, puesto que se trata de riego agrario. Su mayor ventaja es que demanda mayor cantidad de agua cuando más irradiación solar hay.

El caudal necesario para abastecer la cosecha de la remolacha en Palencia se ha obtenido mediante el programa CROPWAT 8.0. En el programa se deben rellenar una serie de ventanas que se describirán a continuación.

##### 8.1.1 ET<sub>0</sub> y Precipitación

Tanto la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>0</sub>) como la precipitación se obtuvieron con CLIMWAT. Este programa consiste en una base de datos de la climatología de todo el mundo. Lo único que hay que hacer es introducir las coordenadas donde se halla nuestro terreno.

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ET <sub>0</sub>
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
Enero	-1.3	7.3	84	216	2.0	5.0	0.76
Febrero	-0.3	9.7	78	268	4.8	9.2	1.23
Marzo	3.3	12.3	68	251	4.1	11.3	1.98
Abril	4.1	16.1	64	268	6.4	16.8	3.01
Mayo	7.6	19.6	62	251	7.5	20.2	3.85
Junio	10.9	24.9	57	216	9.0	23.0	4.91
Julio	12.8	28.8	51	225	11.2	25.5	5.99
Agosto	13.8	27.8	55	216	9.5	21.5	5.16
Septiembre	10.5	24.5	63	181	6.8	15.2	3.49
Octubre	6.2	18.2	71	199	5.1	10.3	2.08
Noviembre	5.8	15.8	80	225	3.4	6.5	1.27
Diciembre	4.5	12.5	85	225	1.8	4.4	0.90
Promedio	6.5	18.1	68	228	6.0	14.1	2.89

Ilustración 20: Valores Et<sub>0</sub> del software Cropwat para la región de Palencia

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Precipitación mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\M...

Estación  Método Prec. Ef

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
<b>Enero</b>	31.0	29.5
<b>Febrero</b>	30.0	28.6
<b>Marzo</b>	38.0	35.7
<b>Abril</b>	40.0	37.4
<b>Mayo</b>	51.0	46.8
<b>Junio</b>	46.0	42.6
<b>Julio</b>	15.0	14.6
<b>Agosto</b>	14.0	13.7
<b>Septiembre</b>	13.0	12.7
<b>Octubre</b>	43.0	40.0
<b>Noviembre</b>	43.0	40.0
<b>Diciembre</b>	40.0	37.4
<b>Total</b>	<b>404.0</b>	<b>379.2</b>

Ilustración 21: Valores de la precipitación del software Cropwat para la región de Palencia. Fuente: Propia

### 8.1.2 Cultivo

La tabla del cultivo se rellenó en su mayoría mediante los valores tabulados de la FAO. Sin embargo, los valores de las etapas de la cosecha no se correspondían con nuestro caso particular. Por lo que se preguntó a varios agricultores de la zona. Obteniendo así la siguiente tabla:

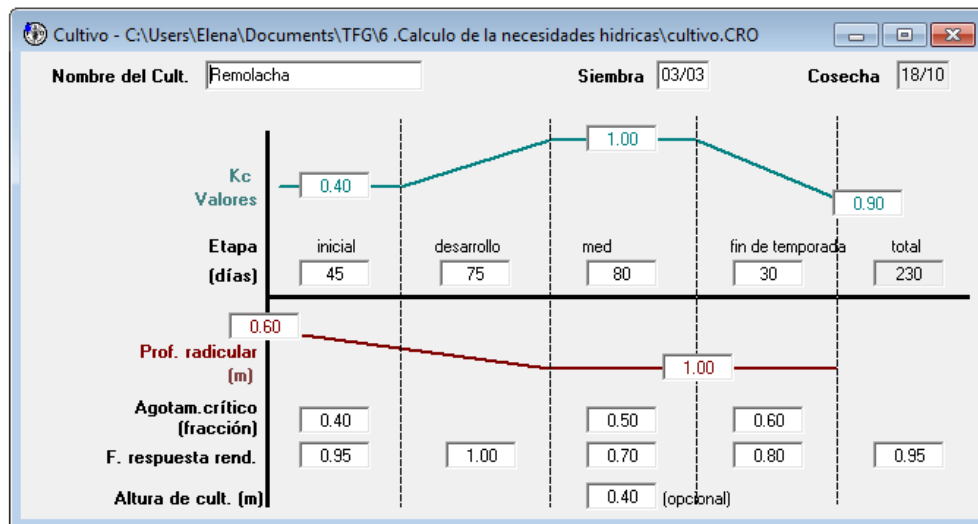


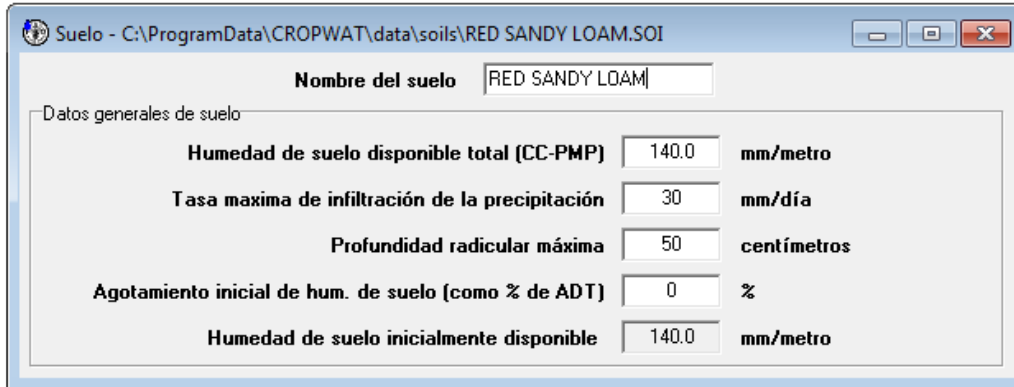
Ilustración 22: Valores del cultivo del software Cropwat para la remolacha. Fuente: Propia



## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

### 8.1.3 Suelo

El programa CROPWAT dispone de archivos predeterminados para los diferentes tipos de suelos. Simplemente hay que seleccionar el correspondiente a nuestra zona. En el caso de Palencia no domina ningún tipo de suelo, se puede seleccionar arcilloso-arenoso, arcillolimoso o francos.



Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\RED SANDY LOAM.SOI

Nombre del suelo: RED SANDY LOAM

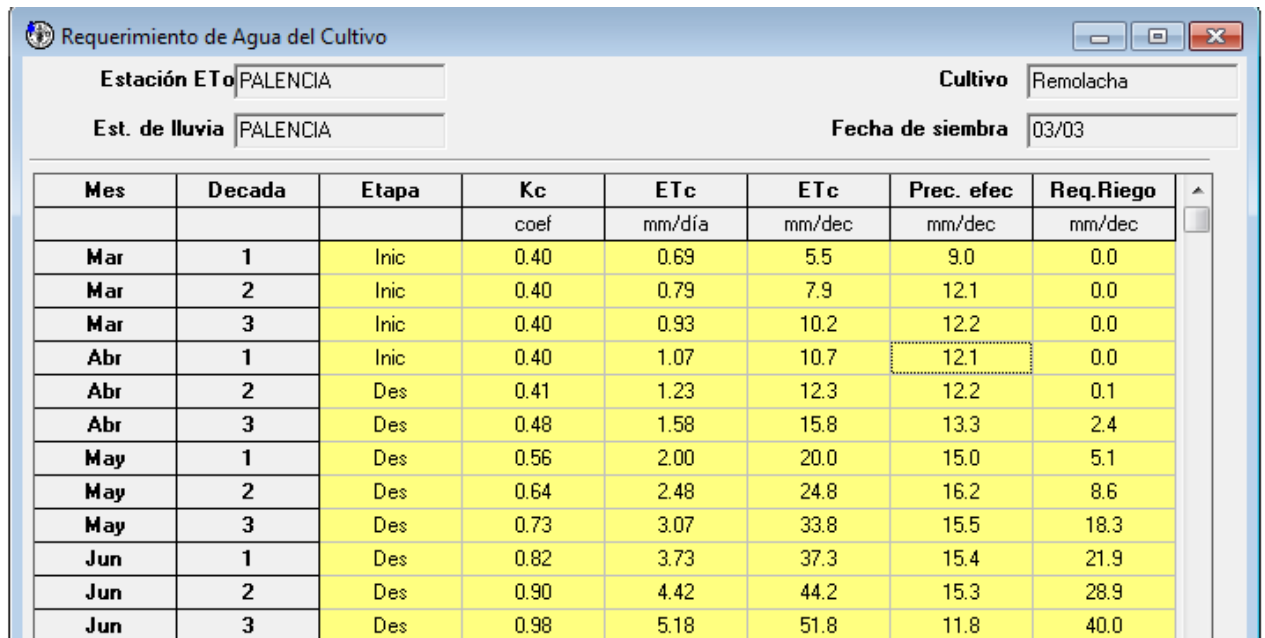
Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	140.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	30	mm/día
Profundidad radicular máxima	50	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	140.0	mm/metro

Ilustración 23: Valores del suelo del software Cropwat para la región de Palencia. Fuente: Propia

### 8.1.4 Resultados

Una vez rellenas todas las tablas necesarias obtuvimos los siguientes resultados :



Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ET0: PALENCIA Cultivo: Remolacha

Est. de lluvia: PALENCIA Fecha de siembra: 03/03

Mes	Decada	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Inic	0.40	0.69	5.5	9.0	0.0
Mar	2	Inic	0.40	0.79	7.9	12.1	0.0
Mar	3	Inic	0.40	0.93	10.2	12.2	0.0
Abr	1	Inic	0.40	1.07	10.7	12.1	0.0
Abr	2	Des	0.41	1.23	12.3	12.2	0.1
Abr	3	Des	0.48	1.58	15.8	13.3	2.4
May	1	Des	0.56	2.00	20.0	15.0	5.1
May	2	Des	0.64	2.48	24.8	16.2	8.6
May	3	Des	0.73	3.07	33.8	15.5	18.3
Jun	1	Des	0.82	3.73	37.3	15.4	21.9
Jun	2	Des	0.90	4.42	44.2	15.3	28.9
Jun	3	Des	0.98	5.18	51.8	11.8	40.0

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Jul	1	Med	1.02	5.88	58.8	7.2	51.6
Jul	2	Med	1.02	6.31	63.1	3.6	59.5
Jul	3	Med	1.02	5.96	65.6	3.9	61.6
Ago	1	Med	1.02	5.54	55.4	4.7	50.8
Ago	2	Med	1.02	5.26	52.6	4.6	48.0
Ago	3	Med	1.02	4.69	51.6	4.5	47.2
Sep	1	Med	1.02	4.13	41.3	3.5	37.8
Sep	2	Fin	1.02	3.56	35.6	2.9	32.6
Sep	3	Fin	0.99	3.00	30.0	6.4	23.5
Oct	1	Fin	0.95	2.43	24.3	11.1	13.2
Oct	2	Fin	0.92	1.91	15.3	11.7	0.7
					<b>768.1</b>	<b>224.2</b>	<b>552.0</b>

Ilustración 24: Resultados obtenidos en el software Cropwat para el cultivo de la remolacha en la región de Palencia. Fuente: Propia.

Donde las necesidades hídricas vienen definidas en la columna de requerimientos de Riego (Req.Riego). Como podemos observar, el mes de Julio tendrá la década con mayor demanda. También es preciso explicar, que en el mes de Marzo la demanda es nula puesto que con la precipitación es suficiente, no haría falta regar.

### 8.2 ESTUDIO SOLAR

A la hora de posicionar los módulos se deben tener en cuenta dos parámetros. Por un lado, la orientación que viene definida por el ángulo acimut y se representa mediante  $\alpha$ . La orientación define el ángulo formado entre el módulo y el Norte. Por otro lado, la inclinación que viene definida por el ángulo de inclinación y se representa mediante  $\beta$ . La inclinación define el ángulo formado entre nuestro terreno o suelo (la horizontal) y el módulo.

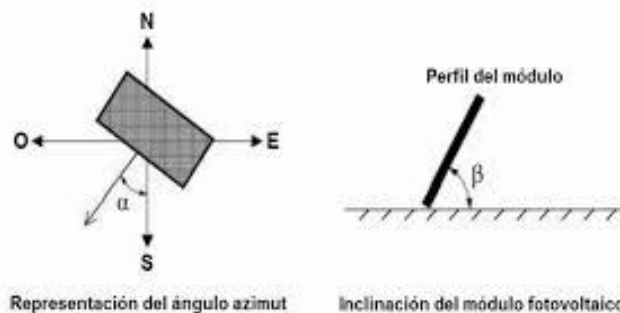


Ilustración 25: Ángulos de acimut y de inclinación. Fuente : Montaje, medición y seguimiento del funcionamiento de Paneles Fotovoltaicos en combinación a un sistema de generación eólico de baja potencia instalados en un invernadero.

### **8.2.1 Orientación óptima de los módulos**

Para la elección del valor del ángulo de acimut, es indispensable saber que obtendremos la máxima energía cuando los rayos de sol incidan perpendicularmente a la superficie de los paneles. Además, de forma genérica, es sabido que para aprovechar de manera óptima la irradiación solar, los módulos situados en el Norte deberán orientarse hacia el Sur. Y viceversa, los módulos situados en el Sur deberán situarse hacia el Norte.

Así pues, en nuestro caso el ángulo acimut tendrá un valor de 0° puesto que por las condiciones del terreno los módulos podrán orientarse completamente hacia el Sur.

### **8.2.2 Inclinación óptima de los módulos**

Primeramente debemos saber que el ángulo de inclinación depende tanto de la estacionalidad (verano, otoño, invierno y primavera), como del periodo de tiempo del que se va a hacer uso de los paneles (meses, año, fin de semanas...). Para la obtención del mismo hay diversas formas. En este proyecto, se ha optado por calcular el ángulo de inclinación anual para nuestra latitud,  $\beta = 3,7 + 0,69 \cdot |\phi|$ . Dicha fórmula es válida únicamente para el caso de captación solar a lo largo de un año. Por lo que para adecuarla a nuestro caso, debemos restarle 10° al resultado obtenido ya que nuestro sistema fotovoltaico será utilizado en verano. Por consiguiente, el ángulo de inclinación obtenido fue 25°.

### **8.2.3 Efecto de sombras**

La existencia de sombras en nuestros paneles solares puede hacer que la cantidad de energía generada varíe considerablemente. En el hipotético caso de que hubiera sombras, los diodos "Bypass" de la caja de conexiones se pondrían en funcionamiento. Esto hace que en la curva I-V se produzcan escalones, reduciendo así la producción. Asimismo, las sombras también hacen que haya sobrecalentamiento en las placas, ya que dejan de producir electricidad para consumirla. Cuando el sobrecalentamiento produce la destrucción de la placa se le denomina punto caliente o Hot Spot.

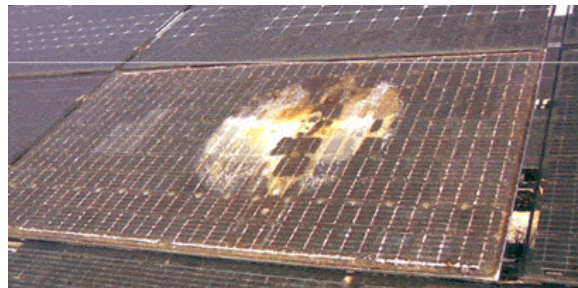


Ilustración 26: Consecuencia de punto caliente en una placa. Fuente: [www.sfe-solar.com](http://www.sfe-solar.com)

# Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

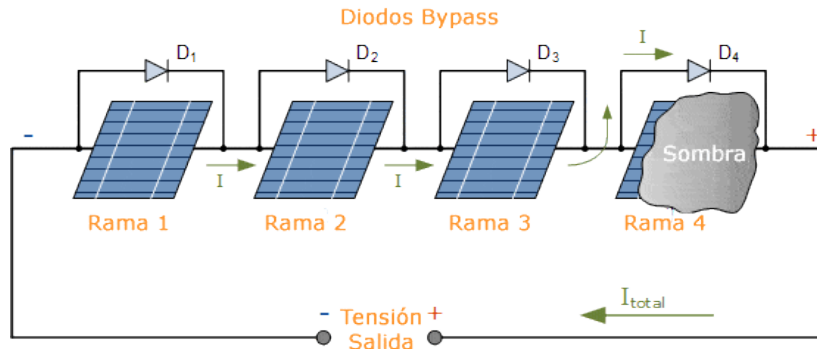


Ilustración 27: Esquema del funcionamiento de los diodos Bypass en los paneles. Fuente: www.sfe-solar.com.

En el caso particular de este proyecto no hay sombras que importunen, puesto que se trata de un terreno llano y despejado, sin árboles ni edificios cercanos. Es por esto, que no se tendrá en cuenta el efecto de las sombras en los paneles.

## 8.2.4 Hora de pico solares (HPS)

Como ya se sabe la intensidad de los rayos de sol varía a lo largo del día. Por eso, a parte de la inclinación y la orientación de los módulos, otro factor a tener en cuenta son las horas de pico solares, HPS. Esta unidad define el número de horas, a lo largo del día, en las cuales la energía solar toma un valor de  $1000 \text{ W/m}^2$ .

Para obtener las HPS correspondientes a nuestro proyecto se utilizó PVGIS, por su disponibilidad para los usuarios. Asimismo, es un programa muy sencillo, para obtener HPS simplemente se debe introducir la inclinación, orientación y las coordenadas del lugar donde se van a situar los módulos.

Ilustración 28: Introducción de los datos para el cálculo de HPS. Fuente: PVGIS.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Para la orientación y en ángulo de inclinación calculados se obtuvieron las siguientes horas de pico. Donde el valor medio de las horas de pico de cada mes viene definido por  $H_d$ .

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)  
 Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.3% (using local ambient temperature)  
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.8%  
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
 Combined PV system losses: 24.2%

Fixed system: inclination=25°, orientation=0°

Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	2.02	62.7	2.48	77.0
Feb	3.15	88.2	3.91	109
Mar	4.09	127	5.26	163
Apr	4.28	128	5.64	169
May	4.81	149	6.44	200
Jun	5.29	159	7.21	216
Jul	5.58	173	7.73	239
Aug	5.28	164	7.28	226
Sep	4.61	138	6.21	186
Oct	3.47	108	4.52	140
Nov	2.45	73.4	3.05	91.5
Dec	2.05	63.4	2.51	77.7
<b>Yearly average</b>	<b>3.93</b>	<b>119</b>	<b>5.19</b>	<b>158</b>
<b>Total for year</b>		<b>1430</b>		<b>1900</b>

$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)  
 $E_m$ : Average monthly electricity production from the given system (kWh)  
 $H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh m<sup>-2</sup>)  
 $H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh m<sup>-2</sup>)

Ilustración 29: Resultados del programa PVGIS. Fuente: PVGIS.

### 8.3 PASO DE DATOS A EXCEL

Para un sencillo manejo de las variables en los futuros cálculos, se introdujeron los datos en un Excel y se hizo el cambio de unidad pertinente.

Además, ha de tenerse en cuenta que para el diseño de la instalación, de las necesidades hídricas obtenidas, solo nos interesa la década de mayor demanda de cada mes, y de entre todos los meses, a su vez, nos quedaremos con el de mayor valor.

	(m <sup>3</sup> /ha)/día	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	l /día	l/h	l/min	l/s	gph (E.E.U.U)
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abr	2,4	3,336	0,59148936	0,0001643	3336	591,489362	9,85815603	0,1643026	156,254928
May	18,3	25,437	3,94984472	0,00109718	25437	3949,84472	65,8307453	1,09717909	1043,43838
Jun	40	55,6	7,71151179	0,00214209	55600	7711,51179	128,525196	2,14208661	2037,16549
Jul	61,6	85,624	11,0768435	3,08E-03	85624,00	11076,84	184,614058	3,07690096	2926,19189
Ago	50,8	70,612	9,69945055	2,69E-03	70612,00	9699,45	161,657509	2,69429182	2562,32325
Sep	37,8	52,542	8,46086957	2,35E-03	52542,00	8460,87	141,014493	2,35024155	2235,12483
Oct	13,2	18,348	4,05929204	1,13E-03	18348,00	4059,29	67,6548673	1,12758112	1072,3513

Tabla 4: Necesidades hídricas para la cosecha de la remolacha en Palencia. Fuente: Propia

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

	HPS
Mar	5,26
Abr	5,64
May	6,44
Jun	7,21
Jul	7,73
Ago	7,28
Sep	6,21
Oct	4,52

Tabla 5: HPS obtenidas con PVGIS . Fuente: Propia.

Para el cambio de unidades del caudal de  $m^3/día$  a  $m^3/h$  se ha tenido en cuenta tanto la dimensión de nuestro terreno (1,39ha), como los valores medios de las HPS de cada mes.

### 8.4 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS

Primero se calculó el diámetro de forma teórica, mediante la expresión  $Q = A v$  ; suponiendo una velocidad del fluido aproximada de 2 m/s e introduciendo el valor obtenido anteriormente del caudal ,  $Q = 3,08 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}$ .

Sin embargo, para el diámetro obtenido  $d = 0,044 m$  las pérdidas por fricción eran demasiado elevadas. Así pues, tras consultar con un ingeniero agrónomo y basado en su experiencia, recomendó el uso de una tubería de diámetro interior de al menos 0,05m.

Atendiendo al consejo y consultando una tabla normalizada de tuberías PVC de 6 atm, observamos que el diámetro interior inmediatamente superior a 0,05 m es de 0,0592 m. Una presión menor nos es insuficiente, y optar por tuberías de mayores presiones sería encarecer el proyecto.

Resumiendo, las tuberías serán de PVC con un diámetro interior  $d_i = 0,0592 m$  y uno exterior  $D = 0,063 m$  para una presión de 6 atm.

### 8.5 ALTURA HIDRÁULICA

En nuestro caso, por tratarse de un sistema de riego en el que el único depósito existente es el de regulación, y no tiene diferencia de altura respecto la bomba. La altura de impulsión vendrá definida por la suma de la altura a la que trabajan los aspersores, las pérdidas de fricción y la longitud equivalente de los accesorios utilizados.

Para calcular la altura hidráulica teniendo en cuenta lo que se acaba de mencionar, se ha creado un Excel el cual hace varias iteraciones. La particularidad de este Excel a la hora de

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

calcular, es que la altura hidráulica (la que queremos obtener) es un dato a introducir. La forma de trabajar con el Excel consiste en; dejando el resto de los datos fijos puesto que han sido calculados previamente, variar la altura hidráulica hasta que se obtenga como resultado la altura de los aspersores, que es la que necesitamos.

En el Excel se han utilizado las expresiones del factor de fricción (f) y de las pérdidas por fricción en la tubería ( $h_f$ ).

$$f = G(f) = \frac{0,25}{\left\{ \log \left( \frac{\varepsilon_r}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \right\}^2} \quad (1)$$

$$h_f = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Como datos se han introducido: Diámetro de la tubería (0,0592 m), caudal ( $3,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ), viscosidad cinemática ( $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ), rugosidad (0,1 mm), longitud de la tubería (77,59 m), altura piezométrica (38 m).

Cabe mencionar que la longitud de la tubería es la suma de la longitud de la rama principal de aspersión (68 m), la longitud equivalente de los diferentes accesorios utilizados además de los metros extra por razones de seguridad. Únicamente se ha tenido en cuenta la rama principal, puesto que las otras ramas dependen de la forma en la que distribuyamos los aspersores, cuyo dimensionamiento no es objetivo de este proyecto.

Además, los aspersores utilizados son de 35 m.c.a y la acequia de la que proviene el agua se encuentra en la parte superior del terreno. En el caso de que la acequia hubiera estado situada en la parte inferior del terreno, habría que sumar su correspondiente cota.

Concluyendo, como resultado se obtuvo que para obtener al menos 35 m en los aspersores necesitaremos una bomba capaz de bombear una altura de 38 m.

### 8.6 ENERGÍA HIDRÁULICA Y POTENCIA ELECTRICA

La potencia hidráulica es la potencia necesaria para obtener la energía hidráulica y viene dada por la expresión :

$$P = \frac{E_h}{t} \quad [W] \quad (3)$$

Donde el tiempo serán las HPS correspondientes a cada mes.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

La energía hidráulica es la energía necesaria para elevar un caudal a una cierta altura y viene dada por la expresión:

$$E_h = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{3600} [Whd] \quad (4)$$

Donde :

$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3} \quad h = 38 m \quad g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

Y el caudal será el correspondiente a cada mes.

Como la fracción más alta entre  $E_h$  y HPS no tiene porqué corresponder necesariamente al mes con mayores necesidades hídricas, se ha calculado la energía hidráulica y la potencia correspondiente a cada mes.

	Energía eléctrica	Potencia eléctrica
Mar	0	0
Abr	345,4428	61,2487234
May	2634,00135	409,006421
Jun	5757,38	798,527046
Jul	8866,37	1147,01
Ago	7311,8726	1004,3781
Sep	5440,7241	876,123043
Oct	1899,9354	420,33969

Tabla 6: Cálculo de la energía hidráulica y la potencia eléctrica. Fuente : Propia.

Sin embargo, una vez más, las mayores necesidades hídricas se dan en el mes de Julio. La potencia eléctrica calculada, es la potencia teórica necesaria para este proyecto. No obstante, más adelante se verá que hay que tener en cuenta otros factores como el rendimiento de la bomba, pérdidas internas de la misma, etc.



## **9. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS: DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR**

### **9.1 ACUMULADOR DE REGULACIÓN**

Aunque en la teoría se ha dicho que para un sistema de bombeo solar generalmente se debe tener un sistema de acumulación, para nuestro caso particular no es viable puesto que tanto las baterías como el depósito encarecerían demasiado el proyecto.

A pesar de ello, sigue siendo necesario asegurar el funcionamiento de la bomba aunque haya algún imprevisto, para ello se instalará un depósito pequeño y un grupo electrógeno, como se explicará en uno de los siguientes apartados.

En la región de Palencia es muy común que el agua para el riego del cultivo provenga de una acequia, como es el caso de este proyecto. El problema es que las acequias son utilizadas por un grupo de agricultores. Así pues, con el fin de que la bomba no se quede en ningún momento sin agua, se ha decidido instalar un acumulador de regulación, que no es más que un depósito de pequeñas dimensiones, las necesarias para proporcionar agua durante un periodo de tiempo pequeño.

Para este proyecto se ha decidido que el acumulador tenga un volumen aproximado a un tercio del caudal necesario, suficiente para solventar problemas puntuales. Como por ejemplo, la interrupción de agua de la acequia causado por otro agricultor. En caso de que la interrupción de agua sea más larga, se pondrá en marcha el grupo electrógeno.

Como es lógico el depósito no variará según el mes, y por tanto se deberá de calcular su volumen en el caso más desfavorable, es decir, en el mes con mayores necesidades hídricas.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, la capacidad del depósito deberá ser de al menos:

$$V = \frac{1}{3} Q = 28,54 \text{ [m}^3\text{]} \quad (5)$$

Para la elección del depósito se ha hecho una comparativa de diferentes catálogos y finalmente se ha optado por un Depósito Flexible DW900 Agua Potable de 30 m<sup>3</sup> de capacidad, ya que son ideales para suelo y fáciles de instalar. Basta con hacer una base de arena de unos 10 cm o poner una lona de geotextil. Además, por ser una estructura cerrada evita la contaminación mediante hojas, insectos....suciedad en general.

## 9.2 TUBERÍAS

Las tuberías más utilizadas en agricultura cuando se trata de terrenos pequeños, son las tuberías de polietileno y las de PVC. En este proyecto se han optado por las tuberías de PVC puesto que son muy ligeras, tienen una baja rugosidad y son muy fáciles de acoplar. Además, y como ya se verá a continuación, debido a la elección del diámetro, es posible empalmar unas tuberías con otras o bien encolarlas. Hecho que abarata los costes, frente al uso de juntas elásticas en el caso de grandes diámetros de PVC, o frente a tuberías de otro tipo de materiales como aluminio o el acero galvanizado.

Una vez seleccionado el material y con el diámetro calculado,  $d_i = 0,0592$  m y uno exterior  $D = 0,063$  m para una presión de 6 atm. No hay más que consultar los diferentes catálogos de tuberías. Para esta instalación se eligió la tubería lisa PVC presión 6 atm de ADEQUA. Que tiene las siguientes características:

Mecánicas	Unidades	Valor	Norma
Tensión de trabajo $\sigma_s$	MPa	10(dn $\leq$ 90 mm) 12,5(dn $\geq$ 110 mm)	UNE EN ISO 1452
Resistencia al impacto	%TIR	$\leq 10$	UNE EN 744
Resistencia a la presión interna	$^{\circ}\text{C}/\text{h}$	sin fallo	UNE EN 921
Físicas	Unidades	Valor	Norma
Temperatura de reblandecimiento Vicat	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 80$	UNE EN 727
Retracción Longitudinal	%	$\leq 5$	UNE EN ISO 2505
Resistencia al diclometano	-	sin ataque	UNE EN 580
Densidad	$\text{kg}/\text{m}^3$	$1.350\text{kg}/\text{m}^3 \leq \rho \leq 1.460\text{kg}/\text{m}^3$	ISO 1183-1
Térmicas	Unidades	Valor	Norma
Coefficiente de dilatación térmica	$\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}$	$8 \cdot 10^{-5}$	UNE 53126
Conductividad térmica	$\frac{\text{kcal} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}}$	0,13	UNE 92201 UNE 92202
Eléctricas	Unidades	Valor	Norma
Rigidez dieléctrica	$\text{kV}/\text{mm}$	35-30	UNE EN 60243-1
Resistividad transversal	$\Omega/\text{cm}$	$10^{15}$	-
Constante dieléctrica	-	3,4	-
Temperatura del agua	FACTOR DE CORRECCIÓN que ha de aplicarse a la presión nominal		
0 $^{\circ}\text{C}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$	1		
25 $^{\circ}\text{C}$ a 35 $^{\circ}\text{C}$	0,8		
35 $^{\circ}\text{C}$ a 45 $^{\circ}\text{C}$	0,63		

Tabla 7: Características mecánicas, físicas y eléctricas de la tubería ADEQUA. Fuente: [adequa.es](http://adequa.es).

## 9.3 ELECCIÓN DE BOMBA

Debido a la incorporación del grupo electrógeno se descartó la elección de una bomba que hubiera sido diseñada exclusivamente para ser alimentada por energía solar.

Después de barajar diferentes tipos de bombas y fabricantes, se decantó por la Bomba Superficie Horizontal IDEAL 4HP-STD-400T puesto que se adecua perfectamente a nuestro emplazamiento y situación particular. Es un tipo de bomba centrífuga de superficie por lo que

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

su rendimiento oscilará entre 25% - 30%. Se recomienda su uso para grupos de presión, riegos por aspersión, etc.



Ilustración 30: Bomba IDEAL 4HP. Fuente: Autosolar.

Dependiendo de la potencia a la que la queramos hacer trabajar la bomba, su motor será monofásico o trifásico. Para nuestras necesidades,  $Q = 11,08 \frac{m^3}{h}$  y  $H_m = 38 m$ , el tipo que más se adecua como ya se ha indicado antes es el STD-400T.

Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	Kw	HP		0	1,5	3	6	9	12	15	18	24	30
STD 100/1T	0,75	1	m.c.a.	44	41	37							
STD 100/1M	0,75	1		44	41	37							
STD 160T	1,10	1,5		55	52	49	35						
STD 160M	1,10	1,5		55	52	49	35						
STD 210T	1,5	2		58	56	54	40						
STD 210M	1,5	2		58	56	54	40						
STD 310T	2,20	3		64	62	60	54	45					
Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	Kw	HP		0	1,5	3	6	9	12	15	18	24	30
STD 400T	3	4	m.c.a.	72	70	68	60	52	39				
STD 550T	4	5,5		88	86	84	77	68	56				
Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	Kw	HP		0	1,5	3	6	9	12	15	18	24	30
STD 750T	5,5	7,5	m.c.a.	71	70,9	70,7	70,5	69	67	63,5	60	50	35
STD 1000T	7,5	10		87	86	85,5	85	83	81	77,5	75	65	51
STD 1250T	9,2	12,5		93,5	93,4	93,3	93	92	90	87	82	71	58
STD 1500T	11	15		96	95,9	95,8	95,5	94,5	92,5	89,5	85,5	76,5	65

M: Monofásico T: Trifásico

Tabla 8: Características de la bomba IDEAL 4HP. Fuente: Autosolar.

Que, a su vez, como se indica en la parte inferior de la tabla la letra T significa que trabajará con conexión trifásica, y corriente alterna. Gracias a la conexión trifásica se podrá variar la frecuencia del motor, de forma que cuando la radiación solar no sea suficiente para suministrar toda la potencia requerida, como por ejemplo en días de neblina o con nubes

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

parciales, el sistema será capaz de funcionar aún por debajo de su potencia nominal. De esta forma, sacaremos el máximo partido a la energía solar de la que dispongamos en cada momento.

La bomba seleccionada trabajará a 3kW, cifra que dista mucho de la calculada teóricamente. Los principales motivos son el rendimiento y las pérdidas internas de la bomba.

Por último, cabe mencionar que este tipo de bomba consigue reducir los costes de riego en huertas, puesto que frente a los de un motor de red eléctrica o gasolina son muy inferiores. Se puede llegar a amortizar como máximo en un plazo de 5 años.

### 9.4 PANELES SOLARES

Una vez que sabemos a la potencia a la que trabajará nuestra bomba (3kW), se decidieron instalar 16 paneles solares de 330 W de la marca Suntech, concretamente el modelo STP330 - 24/Vfw. De esta forma se tienen 5280 W instalados. Así garantizamos que se generarán 3000 W para todas las horas en las que la bomba esté trabajando.

Si instaláramos menos de 5280 W, como nuestro sistema no dispone ni de un depósito de acumulación ni de baterías, es decir, es bombeo directo, únicamente se obtendrían 3000 W en un periodo corto a lo largo de todo el día. Esto se debe a que la curva de producción diaria de un sistema fotovoltaico tiene forma de montaña, es decir, si por ejemplo instalamos una potencia total de 3300 W, solo vamos a producir 3000 W cuando el sol esté perpendicular a nuestros paneles solares, esto se traduce solamente en media hora de trabajo de la bomba.

Teniendo en cuenta las HPS y haciendo el producto junto con la potencia instalada, podemos calcular la energía que generaremos cada mes:

	Energía generada Wh
Mar	27772,8
Abr	29779,2
May	34003,2
Jun	38068,8
Jul	40814,40
Ago	38438,4
Sep	32788,8
Oct	23865,6

Tabla 9: Energía generada cada mes en función de las HPS . Fuente: Propia.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

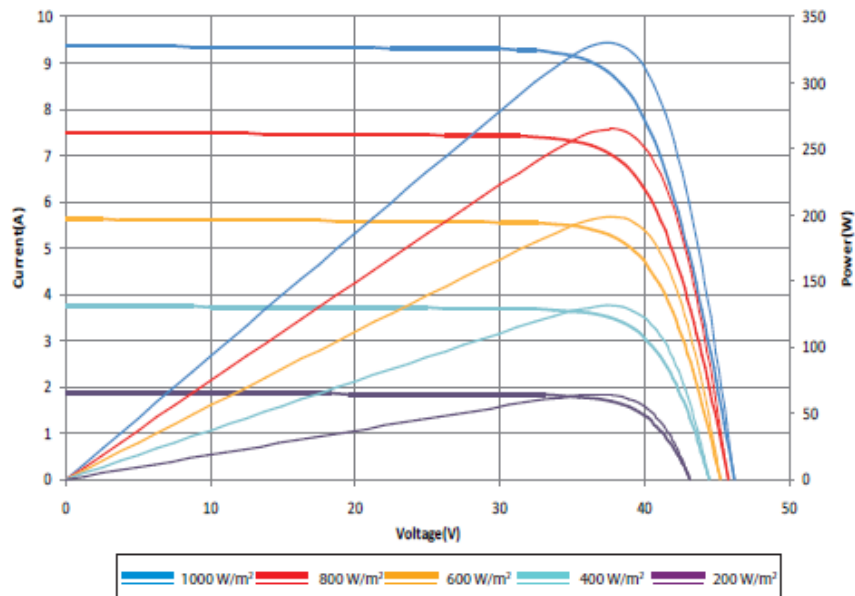
Debido a la diferencia entre la potencia instalada y la de trabajo de la bomba, se debe acoplar un controlador, como el que se va a explicar a continuación. Su función principal será abastecer a la bomba siempre con su potencia nominal 3000W.

En cuanto al material, se trata de un panel policristalino con una eficiencia en laboratorio de 17%. Como ya se ha mencionado, este material es el más expandido comercialmente, y por tanto en relación calidad-precio es el que más se adecua a nuestro proyecto.

STC	STP330-24/ Vfw	STP325-24/ Vfw	STP320-24/ Vfw
Maximum Power at STC (Pmax)	330W	325 W	320 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	37.5V	37.3V	37.1 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.81A	8.72A	8.63A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.2V	45.9 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.38A	9.26 A	9.14A
Module Efficiency	17.0%	16.7%	16.5%
Operating Module Temperature	40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM=1.5;  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Tabla 10: Características de los paneles STP330 - 24/Vfw. Fuente: Autosolar.



Gráfica 4: Curva de características de los paneles STP330 - 24/Vfw. Fuente: Autosolar.

### 9.5 CONTROLADOR + VARIADOR

Acorde con la bomba seleccionada el controlador más adecuado es el Sistema de Control Bombeo 400V + Variador Fuji 5.5kWp IP20 50Mt. Este controlador es específico para bombeo de agua solar directo y bomba de agua trifásica que funciona por medio de un grupo de paneles solares.



Ilustración 31: Sistema de control de bombeo 400V + Fuji 5.5kWp IP20 50Mt. Fuente: Autosolar.

Igualmente, este controlador admite combinar distintas fuentes de energía adecuándose así perfectamente a nuestro sistema de bombeo, pudiendo utilizar tanto la energía solar como el grupo electrógeno al mismo tiempo si fuera necesario.



Ilustración 32: Esquema general del sistema de control de bombeo 400V + Fuji 5.5kWp IP20 50Mt. Fuente: Autosolar.

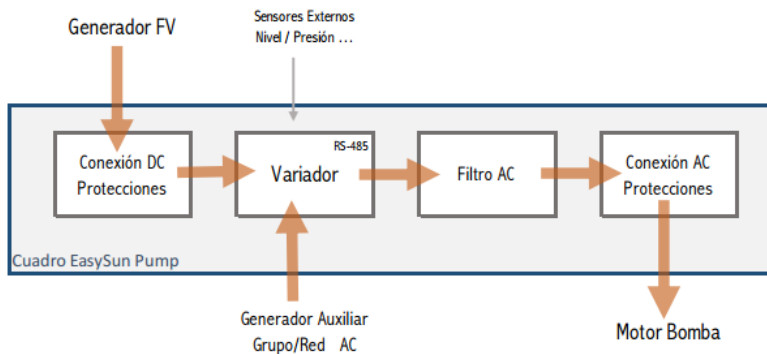


Ilustración 33: Componentes del cuadro ESP. Fuente: Autosolar

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

El variador de frecuencia será el encargado de gestionar la potencia recibida y generar la corriente trifásica que le tiene que llegar a la bomba. Además, está diseñado de forma que puede trabajar recibiendo energía eléctrica desde diferentes fuentes:

1. Desde los paneles solares, generador fotovoltaico, en DC.
2. Desde un grupo electrógeno o la Red eléctrica , entrada auxiliar, en AC.
3. Ambas fuentes simultáneamente.


Este control de bombeo consta de numerosas funciones, las principales son las siguientes :

- Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (PMP) del generador fotovoltaico : Optimiza la potencia generada por las placas.
- Gestión del "paso de nubes" : Frente a cambios de radiación bruscos el sistema reaccionará para evitar paradas y arranques de la bomba.
- Control de Presión: Mediante un sensor externo se podrá limitar el valor máximo de la presión.
- Entrada AC auxiliar: Tolera el trabajo simultaneo o individual del generados fotovoltaico y el grupo electrógeno
- Función de detección de pozo seco : En caso de que la acequia se quede sin agua se impedirá el funcionamiento en vacío de la bomba
- Configurable para motores asíncronos y síncronos de imanes permanentes : Los motores de imanes permanentes tienen una mayor eficiencia y son una competente opción para los sistemas de bombeo solar.

Se recuerda que entre todos los modelos que se pueden observar en las tablas 11 y 12, se han seleccionado los dispositivos que trabajen a 400V y 5,5 kW. Esto se debe a que en total se generarán 5280W, por lo que el variador y el cuadro deberán de ser capaces de soportar una mayor potencia. Los modelos inmediatamente superiores a ese valor son los de 5,5 KW.


Las tablas de características del variador y del cuadro ESP IP20 son las siguientes:

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia



	Potencia (kW)	Tensión (V)	Potencia (CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Talla	Descripción	Código BAAN	PVP	Referencia FUJI
230 Vac	1,5	230	2	8	Monofásica	1	Variador 1,5/230M F	7912058	376	FRN0008E2E-7GA
	2,2	230	3	11	Monofásica	1	Variador 2,2/230M F	7912059	439	FRN0011E2E-7GA
	3	230	4	12	Trifásica	1	Variador 3/230 F	7912048	403	FRN0012E2S-2GA
	5,5	230	7	20	Trifásica	1	Variador 5,5/230 F	7912049	656	FRN0020E2S-2GA
	7,5	230	10	30	Trifásica	2	Variador 7,5/230 F	7912050	833	FRN0030E2S-2GA
	11	230	15	40	Trifásica	2	Variador 11/230 F	7912051	867	FRN0040E2S-2GA
	15	230	20	56	Trifásica	3	Variador 15/230 F	7912052	1.208	FRN0056E2S-2GA
	18,5	230	25	69	Trifásica	3	Variador 18,5/230 F	7912053	1.546	FRN0069E2S-2GA
	22	230	30	88	Trifásica	3	Variador 22/230 F	7912054	2.118	FRN0088E2S-2GA
30	230	41	115	Trifásica	3	Variador 30/230 F	7912055	2.821	FRN0115E2S-2GA	
400 Vac	1,1	400	1	3	Trifásica	1	Variador 1,1/400 F	7912061	405	FRN0004E2E-4GA
	2,2	400	3	5	Trifásica	1	Variador 2,2/400 F	7912062	455	FRN0006E2E-4GA
	3	400	4	6	Trifásica	1	Variador 3/400 F	7912063	510	FRN0007E2E-4GA
	5,5	400	7	11	Trifásica	1	Variador 5,5/400 F	7912064	636	FRN0012E2E-4GA
	7,5	400	10	18	Trifásica	2	Variador 7,5/400 F	7912065	734	FRN0022E2S-4E
	11	400	15	23	Trifásica	2	Variador 11/400 F	7912066	824	FRN0029E2S-4E
	15	400	20	31	Trifásica	3	Variador 15/400 F	7912067	945	FRN0037E2S-4E
	18,5	400	25	38	Trifásica	3	Variador 18,5/400 F	7912068	1.325	FRN0044E2S-4E
	22	400	30	45	Trifásica	3	Variador 22/400 F	7912069	1.683	FRN0059E2E-4E
	30	400	41	60	Trifásica	3	Variador 30/400 F	7912070	2.050	FRN0072E2E-4E
	37	400	50	75	Trifásica	Esp	Variador 37/400 F	7912071	2.724	FRN0085E2E-4E
	45	400	61	91	Trifásica	Esp	Variador 45/400 F	7912072	3.446	FRN0105E2E-4E
	55	400	75	112	Trifásica	Esp	Variador 55/400 F	7912073	4.173	FRN0139E2E-4E
	75	400	102	150	Trifásica	Esp	Variador 75/400 F	7912074	4.582	FRN0168E2E-4E
	90	400	122	176	Trifásica	Esp	Variador 90/400 F	7912075	5.708	FRN0203E2E-4E
	110	400	150	210	Trifásica	Esp	Variador 110/400 F	7912076	6.911	FRN0240E2E-4E
	132	400	180	253	Trifásica	Esp	Variador 132/400 F	7912077	7.857	FRN0290E2E-4E
160	400	218	304	Trifásica	Esp	Variador 160/400 F	7912078	9.507	FRN0361E2E-4E	
200	400	272	377	Trifásica	Esp	Variador 200/400 F	7912079	11.524	FRN0415E2E-4E	
220	400	299	415	Trifásica	Esp	Variador 220/400 F	7912080	12.949	FRN0520E2E-4E	
280	400	381	520	Trifásica	Esp	Variador 280/400 F	7912081	14.425	FRN0590E2E-4E	

Tabla 11: Características del variador. Fuente: Autosolar.



	Potencia kW	Tensión V	Potencia CV	Corriente A	Tensión Entrada Aux AC	Talla	Hasta 50 metros	
							Descripción	Código
230 Vac	1,5	230M	2	8	Monofásica	1	ESP- 1,5/230M-IP20-F050	3503190
	2,2	230M	3	11	Monofásica	1	ESP- 2,2/230M-IP20-F050	3503191
	3	230	4	12	Trifásica	1	ESP- 3/230-IP20-F050	3503103
	5,5	230	7	20	Trifásica	1	ESP- 5,5/230-IP20-F050	3503104
400 Vac	1,1	400	1	3	Trifásica	1	ESP- 1,1/400-IP20-F050	3503112
	2,2	400	3	5	Trifásica	1	ESP- 2,2/400-IP20-F050	3503113
	3	400	4	6	Trifásica	1	ESP- 3/400-IP20-F050	3503114
	5,5	400	7	11	Trifásica	1	ESP- 5,5/400-IP20-F050	3503115
	7,5	400	10	18	Trifásica	2	ESP- 7,5/400-IP20-F050	3503116
	11	400	15	23	Trifásica	2	ESP- 11/400-IP20-F050	3503117
	15	400	20	31	Trifásica	3	ESP- 15/400-IP20-F050	3503118
	18,5	400	25	38	Trifásica	3	ESP- 18,5/400-IP20-F050	3503119
	22	400	30	45	Trifásica	3	ESP- 22/400-IP20-F050	3503120
30	400	41	60	Trifásica	3	ESP- 30/400-IP20-F050	3503121	

Tabla 12: Características del Cuadro IP20. Fuente: Autosolar



## 9.6 CONFIGURACIÓN SERIE-PARALELO DE LOS PANELES

Una vez que hemos seleccionado los paneles y el inversor, podemos obtener la configuración serie-paralelo que tendrán los paneles. En la configuración se deben cumplir los siguientes aspectos:

1. La potencia generada total debe ser menor que la potencia máxima admitida por el inversor (<5500W).
2. Cada rama deberá tener la tensión suficiente para la entrada del inversor (>400V).
3. Cada rama no deberá tener una tensión superior a la máxima del inversor (<800V).

Especificaciones generales	Motor 400 V	Motor 200 V
Voltaje máximo de entrada (Voc)	800 VCC	360 VCC
Voltaje mínimo de entrada (VMPP)	400 VCC	180 VCC
Voltaje recomendado CC	550 – 620 VCC	280 – 330 VCC
Voltaje nominal de entrada CA	Trifásico 380 - 480 VCA; 50/60 Hz	Trifásico 200 - 240 VCA; 50/60 Hz
Voltaje nominal de salida CA	Trifásico 400 VCA	Trifásico 200 VCA
Frecuencia de salida	0 – 400 Hz	
Eficiencia (variador de frecuencia)	97 – 98 %	
Rango temperatura ambiente	-10 a 50 °C	
Ventilación	Natural / Mediante ventilador interno	
Potencia de entrada recomendada	1.2 veces la capacidad de la bomba (mínimo)	
Garantía	3 años	
Filtro CEM* / Salida motor	Incorporado / Opcional (a partir de distancias superiores a 50 m)	

\* Para mayor información sobre los filtros CEM (CA / CC), contacte con Fuji Electric.

Tabla 13: Características Variador Fuji 5,5kW. Fuente: Frenic Solar-Ace.

Teniendo estos tres puntos en mente, se pueden hacer los siguientes cálculos:

1. La potencia máxima de nuestro inversor es 5500W mientras que nuestros paneles como máximo generarán 5280W.
2. Deberemos alcanzar una tensión suficiente para la entrada del inversor, cuando en el peor de los casos (temperatura máxima), obtengamos la tensión de entrada del inversor.

Para ello primero debemos calcular la tensión que se da en los paneles con la temperatura máxima:

$$V_{MPP(T_{max})} = V_{mp} + V_{mp} * cftc (T_2 - T_1) \quad [V] \quad (6)$$

$$V_{MPP(T_{max})} = 37,5 + 37,5 * \left( \frac{-0,33}{100} \right) * (71,25 - 25) = 31,78 V$$

Donde la  $T_2$  se ha calculado mediante la fórmula de la temperatura de trabajo:

$$T_2 = T_t = T_a + G * \frac{NOTC-20}{800} \quad [C^\circ] \quad (7)$$

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

$$T_2 = 40 + 1000 * \frac{45 - 20}{800} = 71,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Una vez calculada la tensión en la peor situación se puede calcular el número mínimo de paneles por rama:

$$N_{min} = \frac{\text{Mínima tensión del inversor}}{V_{MPP(Tmax)}} \quad (8)$$

$$N_{min} = \frac{400}{31,78} = 12,58 \approx 13$$

3. Por último, no superaremos la tensión máxima del inversor cuando en el peor de los casos (temperatura mínima del lugar dónde se encuentren los paneles), no se supere. En el caso de Palencia ronda los  $-12 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Nuevamente, primero tenemos que calcular la tensión que se dará con la temperatura mínima:

$$V_{oc(Tmin)} = V_{oc} + V_{oc} * c_{fte} (T_2 - T_1) \text{ [V]} \quad (9)$$

$$V_{oc(Tmin)} = 46,2 + 46,2 * \left(\frac{-0,33}{100}\right) * (-12 - 25) = 51,84 \text{ V}$$

Así pues, el número máximo de paneles que pueden poner en serie será:

$$N_{max} = \frac{\text{Máxima tensión del inversor}}{V_{oc(Tmin)}} \quad (10)$$

$$N_{max} = \frac{800}{51,84} = 15,43 \approx 16$$

En conclusión, para obtener 5280W deberemos conectar en serie 16 paneles. Que a su vez, es el número máximo de paneles que se pueden conectar en serie.

### 9.7 ESTRUCTURA

Como nuestros módulos son de 992mm x 1960mm, la estructura seleccionada ha sido la FV915XL. Es un soporte de aluminio válido para módulos de hasta 72 células cuyas dimensiones se encuentren entre 1650x1000 y 2000x1000, además, permite una configuración de  $25^\circ$  o  $30^\circ$ . Los módulos se situarán en vertical. Se recomienda su uso para suelo o cubiertas planas, y es capaz de soportar viento de hasta 29 m/s.



Ilustración 34: Estructura FV915XL. Fuente: renovablesdelSur.com.

## 9.8 CABLEADO

La elección de una adecuada selección del cableado es importante, puesto que una elección errónea puede acarrear mayor caída de tensión en el conductor. Esto a su vez, produciría un aumento de tensión junto con su aumento de temperatura. Todo esto se traduce en mayor riesgo de incendio y deterioro del material que recubre el cable, el aislante, pudiendo llegar a producirse un cortocircuito.

La sección del cable se obtendrá mediante la siguiente expresión :

$$S = 2 \frac{L \cdot I}{\gamma \cdot U} [mm^2] \quad (11)$$

L (m) : Longitud del cable

$\gamma$  ( $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ ) : Conductividad, depende del material del cable (cobre o aluminio)

I (A) : Intensidad que atravesará el conductor

U (V) : caída de tensión en bornes.

En este caso, se ha elegido como material el cobre donde su conductividad es  $58 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$  y tendrá 30m de longitud, la necesaria para conectar los paneles entre sí y con el inversor. Así mismo, como los paneles se van a conectar en serie la intensidad que recorrerá el cable será la intensidad de cortocircuito de un panel. Por último, la tensión será la suma de

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

las tensiones de cada uno de los paneles de una misma fila, es decir, la suma de las tensiones en circuito abierto de los paneles.

Además se debe tener en cuenta, por un lado, que según indica la norma ITC-BT-40 del Reglamento Electrónico para Baja Tensión (REBT), los cables con conexión se deberán de sobredimensionar al menos en un 125% respecto a la intensidad máxima generada. Para las instalaciones fotovoltaicas basta con dimensionar un 25%, así se asegura que en situaciones en las que la radiación sea muy favorable no habrá problemas. Por otro lado, según IDAE la caída de tensión máxima entre paneles y regulador deberá estar comprendida ente 1% y 3% .

$$S = \frac{2 * 30 * (2 * 9,38) * 1,25}{58 * (46.2 * 8) * \frac{1}{100}} = 6,56[mm^2]$$

Acudiendo a una tabla de secciones normalizadas para un cable de cobre, vemos que la sección inmediatamente superior a la obtenida es de 10  $mm^2$ . Finalmente, el cable seleccionado ha sido el Cable Unifilar 10  $mm^2$  POWERFLEX RV-K.



Ilustración 32: Cable unifilar POWERFLEX RV-K. Fuente: TOPCABLE.com.

Después de seleccionar la sección, debemos comprobar que la intensidad máxima admisible por el cable es mayor que la intensidad con la que trabajaremos, ya que esta depende de la sección del conductor.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 1,5	5,7	45	23	22	29,5
1 x 2,5	6,2	55	29	29	17,7
1 x 4	6,7	70	40	37	11
1 x 6	7,3	90	53	46	7,32
1 x 10	8,2	135	74	61	4,23
1 x 16	9,2	190	101	79	2,68
1 x 25	11	285	135	101	1,73
1 x 35	12,1	385	169	122	1,23
1 x 50	13,8	520	207	144	0,86
1 x 70	15,7	715	268	178	0,603
1 x 95	17,6	925	328	211	0,457
1 x 120	19,2	1.165	383	240	0,357
1 x 150	21,5	1.450	444	271	0,286
1 x 185	23,9	1.750	510	304	0,235
1 x 240	26,9	2.280	607	351	0,178
1 x 300	29,6	2.830	703	396	0,142
1 x 400	33,8	3.735	823	464	0,108
1 x 500	37,4	4.780	946	525	0,085
1 x 630	42,7	6.280	1.088	596	0,064

Tabla 14: Características de cable unifilar POWERFLEX RV-K. Fuente: TOPCABLE.com

Cabe mencionar que para hacer la conexión se deberán de comprar 30m de cable negro (para el polo positivo) y 30m de cable rojo (para el polo negativo).

Una vez que tenemos conectados los paneles y el inversor, queda conectar el inversor con la bomba, en este caso tendrá una longitud de 7m de cable de cobre. La tensión que soportará este cable será la tensión de salida del inversor o la tensión de entrada de la bomba que son la misma, 400V. Además, de la caja de control saldrá con una corriente de 11A. Teniendo en cuenta que hay que sobredimensionarlo una vez más:

$$S = \frac{2 * 7 * 11 * 1,25}{58 * 400 * \frac{1}{100}} = 0,829[mm^2]$$

La sección normalizada inmediatamente superior a la obtenida es 1,5 mm<sup>2</sup>. En este caso se ha elegido el cable AFUMEX CLASS 750 V donde su designación genérica es H07Z1-K TYPE 2. Si observamos su tabla de características podemos comprobar que la intensidad máxima admisible por el cable es mayor que la intensidad a la que vamos a trabajar.

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm <sup>2</sup>	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (t)	DIÁMETRO EXTERIOR mm (t)	PESO kg/km (t)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C Ω /km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	3,4	20	13,3	14,5	28,84	23,22
1 x 2,5	0,8	4,1	32	7,98	20	17,66	14,25
1 x 4	0,8	4,8	46	4,95	26	10,99	8,91
1 x 6	0,8	5,3	65	3,30	34	7,34	5,99
1 x 10	1,0	6,8	111	1,91	46	4,36	3,59
1 x 16	1,0	8,1	164	1,21	63	2,74	2,29
1 x 25	1,2	10,2	255	0,78	82	1,73	1,48
1 x 35	1,2	11,7	351	0,554	101	1,25	1,09
1 x 50	1,4	13,9	520	0,386	122	0,92	0,84
1 x 70	1,4	16	700	0,272	155	0,64	0,61
1 x 95	1,6	18,2	920	0,206	187	0,46	0,46
1 x 120	1,6	20,2	1130	0,161	216	0,36	0,38
1 x 150	1,8	22,5	1410	0,127	247	0,29	0,33
1 x 185	2,0	20,6	1770	0,106	281	0,26	0,28
1 x 240	2,2	28,4	2300	0,0801	330	0,18	0,24

Tabla 15: Datos técnicos del cable AFUMEX CLASS 750 V. Fuente: PRYSMIAN GROUP.

En este caso, se deberán de comprar 7m de cable azul, negro, marrón y amarillo. Para cada una de las fases de la bomba trifásica y tierra.

## 9.9 GRUPO ELECTROGENO

La elección entre un generador diesel y uno de gasolina dependerá principalmente en las horas de uso de este. El primero está diseñado para aplicaciones industriales con gran cantidad de horas de uso y potencias elevadas. El segundo, está destinado a uso en hogares y pequeños centros (panaderías, centros médicos especializados...).

Como se ha visto nuestra bomba trabajará a 3kW, además el grupo electrógeno instalado está pensado para trabajar durante un periodo de tiempo corto. Es por eso que como grupo electrógeno se eligió el Generador Gasolina 4500W Genergy Moncayo por su relación de potencia generada y precio.



Ilustración 33: Generador Gasolina MONCAYO 4500W. Fuente: Autosolar

MODELO	MONCAYO 4500W
Sistema de estabilización / Stabilizer system	Electrónica "AVR" / Electronic "AVR"
Voltaje - frecuencia / Voltage - Frequency	230V - 50Hz
AC 230V Máxima / Maximum (S2 5min)	4500W
AC 230V Nominal / Rated (COP)	4000W
AC 400V Máxima / Maximum (S2 5min)	-
AC 400V Nominal / Rated (COP)	-
Tipo por su número de fases / Number phase class	Monofásico / Single-phase
Factor de potencia / Power factor	1
Modelo motor / Engine model	SGB270PRO
Cilindrada / Displacement	272cc
Tipo de motor / Engine type	Gasolina, 4 tiempos OHV refrigerador por aire / Gasolina 4 stroke OHV air cooling
Nivel de presión acústica media 7mts LpA (Ralenti-nominal) Sound pressure level average 7mts LpA (Idle-rated)	66dB – 74dB
Nivel de potencia acústica garantizada LwA Guaranteed sound power level LwA	97dB
Tipo de arranque / Starting type	Manual/Recoil
Capacidad tanque combustible / Fuel tank capacity	13L
Consumo al 25-50-75% carga/Consumption 25-50-75% load	1,24 L/H—1.78L/H—2.34L/H
Autonomía 25-50-75% carga/Long run time 25-50-75% load	10.4H — 7.3H — 5.5H
Capacidad y grado de aceite / Oil grade and capacity	1L — SAE10W40
Nivel de aislamiento / Insulation grade	F
Clase según calidad de aislamiento / Quality insulation class	A
Clase según rendimiento / Performance class	G1
Estándar / Standard	ISO 8528-13:2016
Kit de transporte / Wheel kit	Integrado con ruedas de 8" / Integrated with 8" wheels
Dimensiones / Dimensions	632x577x563mm
Peso / Weight	55kg
Referencia / Item	10015
	MANTENIMIENTO / MAINTENANCE
filtro de aire / Air filter	400009
Bujía / Spark plug	400001
Escobillas / Brush	400064
Puesta en marcha	000000
Revision general 500horas /General maintenance 500hours	000000

Tabla 16: Características técnicas Generador gasolina MONCAYO. Fuente: Power Product Genergy.

### 9.10 PROTECCIONES

Para las protecciones se tomará como base el "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red ", que fue realizado por el departamento de Energía Solar del IDAE, junto con la colaboración del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid y el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT. De este documento se pueden destacar tres puntos:

1. La protección de las personas ante contactos, indirecto o directo, estará asegurado mediante el sistema de protecciones. Si existiera una instalación previa de ningún modo se alteraría el estado de seguridad de la misma.
2. Aquellas instalaciones cuyas tensiones nominales sean superiores a 48V deberán de tener una toma a tierra. La toma a tierra deberá estar conectada, por lo menos, a la estructura y los marcos metálicos del generador y a los módulos respectivamente.
3. La instalación debe estar protegida ante sobrecargas, sobretensiones y cortocircuitos. Para ello se hará uso de un fusible o cualquier otro elemento que cumpla dicha función.

En consecuencia, el sistema de protección constará de magnetotérmicos, fusibles y toma de tierra.

Será la medida de protección ITC-BT-24 la que se tendrá en cuenta. Puesto que se trata de una instalación donde las tensiones son bajas y se trabaja en CC. Donde según el reglamento electrotécnico se debe seguir el sistema de protección de a continuación.

- Interruptor diferencial, (ID) : La finalidad de este dispositivo es la protección de las personas frente a contactos directos o indirectos con las partes activas de de la instalación eléctrica, o bien componentes con potencia.
- Magnetotérmico: Es un dispositivo que cuando se excede algunos valores máximos específicos este interrumpe la corriente eléctrica.
- Toma de tierra: Se trata de hacer una conexión entre las superficies conductoras expuestas y algún punto que no esté cargado, que suele ser la tierra.

## **10. DESCRIPCIÓN DE TAREAS, FASES O PROCEDIMIENTOS**

### 1. INICIACIÓN

#### *1.1. Recopilación de información*

El objetivo es recaudar la máxima información posible, para después basarnos en ella y utilizarla como referencia. Se deberá de leer mucho subrayando aquellas partes que creamos interesantes, para facilitar el futuro uso de esta información.

#### *1.2. Organización del trabajo (Gantt)*

Una vez que nos hemos hecho una idea general en lo que consistirá nuestro trabajo, debemos categorizar los diferentes apartados y programar el tiempo que nos llevará cada uno de ellos.

### 2. ESTUDIO PREVIO

#### *2.1. Aprendizaje de CROPWAT*

Para obtener las necesidades hídricas tendremos que hacer uso del programa CROPWAT, y para ello deberemos aprender el modo de funcionamiento del mismo.

#### *2.2. Cálculo necesidades Hídricas*

Uso del programa CROPWAT junto con CLIMWAT.

#### *2.3. Cálculo de las pérdidas manométricas*

Se utilizará un Excel en el que simplemente hay que introducir los datos necesarios.

#### *2.4. Estudio solar*

Se calculará la orientación e inclinación óptimas de los módulos, además de calcular las horas de pico solares mediante PVGIS.

#### *2.5. Predimensionamiento del sistema*

Consiste en un primer dimensionamiento general en el cual el objetivo es saber que componentes son necesarios en el sistema de bombeo.



## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

### 3. DIMENSIONAMIENTO

#### 3.1. Elección bomba

La bomba será el primer elemento del sistema de bombeo que deberemos determinar. Su elección dependerá de las necesidades hídricas y la altura manométrica que queramos conseguir.

#### 3.2. Solicitar ficha técnica de la bomba

Una vez seleccionada la bomba deberemos solicitar la ficha técnica, puesto que en la mayoría de los casos no está disponible para los usuarios.

#### 3.3. Cálculo de la potencia necesaria

Serán los parámetros de la bomba los que condicionen la potencia que se debe generar.

#### 3.4. Elección generador fotovoltaico

Las dimensiones del generador fotovoltaico dependerá de la potencia demandada por la bomba

#### 3.5. Solicitar ficha técnica de los módulos

Una vez más, deberemos solicitar la ficha de características técnicas en este caso de los módulos.

#### 3.6. Cálculo de la potencia generada

Una vez obtenida las características técnicas, podemos calcular la potencia generada.

#### 3.7. Elección de la estructura

Dependerá de las dimensiones de los paneles seleccionados.

#### 3.8. Elección inversor

Dependerá tanto de los valores de entrada (definidos por el generador fotovoltaico) como de los valores de salida (definido por los valores demandados por la bomba).

#### 3.9. Solicitar ficha técnica del inversor

#### 3.10. Elección grupo electrógeno

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

En el hipotético caso de que la instalación fotovoltaica no funcionará, el grupo electrógeno debiera ser capaz de abastecer las demanda hídrica.

### *3.11. Elección cableado*

Deberán de ser capaces de soportar la tensiones e intensidades con las que se trabajará en la instalación, intentando ajustar la sección del cable lo máximo posible para reducir costes.

## 4. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO

### *4.1. Compatibilidad de los componentes elegidos*

Una vez seleccionado los componentes deberemos verificar que son compatibles entre ellos y que se han seleccionado correctamente.

### *4.2. Correcciones pertinentes*

### *4.3. Re-Dimensionamiento (si procede)*

Si fuera necesario, después de las correcciones habría que volver a dimensionar todo el sistema.

## 5. CÁLCULOS ECONÓMICOS

### *5.1. Solicitar presupuesto de los componentes*

Para poder hacer un estudio económico debemos solicitar el presupuesto de los componentes del sistema.

### *5.2. Presupuesto del proyecto*

Consiste en cuantificar el coste del trabajo que ha requerido el proyecto.

### *5.3. Rentabilidad*

Verificar que con la opción elegida obtendremos mayores beneficios a largo plazo.

## 6. REDACCIÓN DE INFORME

### *6.1. Redacción*

Narrar los pasos seguidos en el proyecto, así como cualquier otra información que sea de utilidad para la comprensión del mismo.

### *6.2. Revisión*

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Verificar que todo está narrado de una forma clara, y que no hay faltas de ortografía ni de escritura.

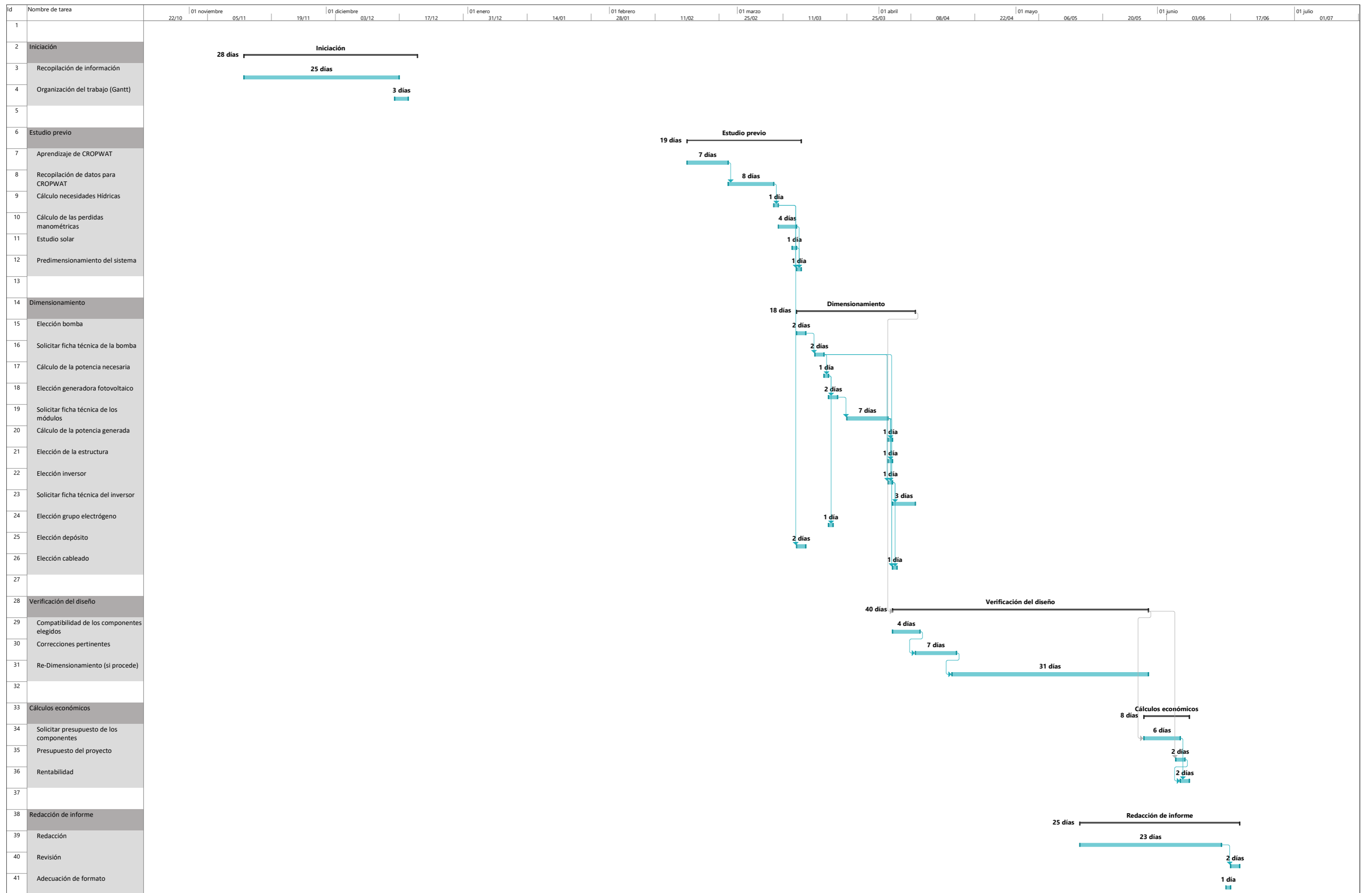
### *6.3. Adecuación de formato*

Adecuar la redacción a la normativa.

## **11. DIAGRAMA DE GANTT**

El objetivo del diagrama de Gantt es la planificación temporal de las diferentes tareas de un proyecto . No es más que una herramienta gráfica en la cual se visualiza el tiempo que se dedicará a cada tarea o actividad. Para ello debemos desglosar el proyecto en diferentes fases.

En la actualidad existen diferentes herramientas con las cuales se puede obtener el diagrama de Gantt. En este proyecto se ha utilizado Microsoft Project .



Proyecto: Proyecto nombres + Fecha: vie 14/06/19  
 Tarea División  
 Hito  
 Resumen  
 Resumen del proyecto  
 Tarea inactiva  
 Hito inactivo  
 Resumen inactivo  
 Tarea manual  
 solo duración  
 Informe de resumen manual  
 Resumen manual  
 solo el comienzo  
 solo fin  
 Tareas externas  
 Hito externo  
 Fecha límite  
 Progreso  
 Progreso manual

### III ASPECTOS ECONÓMICOS

#### 12. DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO DE LO EJECUTADO

En este apartado se indicará el coste del servicio prestado para la ejecución del proyecto. Se incluirán tanto las horas prestadas como el material y otros recursos utilizados.

Horas internas				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio ud.	Precio total (€)
Ingeniero superior	€/h	7	50	350
ingeniero graduado	€/h	380	20	7600
<i>Subtotal</i>				7950

Tabla 17: Gastos referentes a las horas internas. Fuente : Propia

Amortizaciones				
Concepto	Precio ud. (€)	Vida útil (h)	Uso (h)	Precio total (€)
Ordenador	1200	30000	380	15,2
Licencia Office	69	2920	200	4,73
<i>Subtotal</i>				19,93

Tabla 18: Gastos referentes a las amortizaciones. Fuente: Propia

Gastos varios				
Concepto	Unidad	Precio ud.	Cantidad	Precio total (€)
Material oficina				15
Llamadas telefónicas	€/min	0,2064	15	3,096
<i>Subtotal</i>				18,096

Tabla 19: Gastos referentes a otras categorías. Fuente: Propia.

Resumiendo todos estos gastos en una sola tabla:

Presupuesto total	
Concepto	Precio (€)
Horas internas	7950
Amortizaciones	19,9260274
Gastos varios	18,096
<b>Total</b>	<b>7988,02</b>

Tabla 20: Resumen del presupuesto

### **13. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

En el análisis de la rentabilidad se hará una comparación entre las dos opciones disponibles para regar la finca seleccionada para este proyecto (1,39 ha de remolacha en Palencia). En el análisis no se han contemplado los gastos referentes a un sistema conectado a red, porque en el caso de este proyecto no hay acceso a ella. Como tampoco se han considerado los gastos referentes al cultivo (semillas, fertilizantes, maquinaria...) puesto que serían los mismos para ambos casos.

Para poder hacer la comparativa, primero debemos calcular la inversión inicial y los gastos variables de ambos sistemas.

#### **13.1 GASTOS DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR**

La inversión inicial de el sistema fotovoltaico será el desglose de precios de los diferentes componentes que se han detallado en los apartados anteriores, además del mantenimiento que requiere el sistema en los siguientes años.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

ITEM	CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UD.	PRECIO TOTAL (€)
1	<b>Equipo de bombeo</b>				
	Panel Solar 330W 24V Policristalino Suntech	ud	16	82,94	1327,04
	Estructura Suelo 1 Panel FV915 1 Fila 24V	ud	16	75,4	1206,4
	Control Bombeo 400V + Variador Fuji 5.5kWp IP20 50Mt	ud	1	625,43	625,43
	Grupo electrogeno	ud	1	352,9175	352,9175
	Bomba Superficie Horizontal IDEAL 4HP STD 400T	ud	1	413,452	413,452
				<i>Subtotal</i>	3925,240
2	<b>Cableado</b>				
	Cable Unifilar 100mm2 TOPSOLAR PV ZZ-F 1,5kV Rojo	ud	30	1,248	37,44
	Cable Unifilar 100mm2 TOPSOLAR PV ZZ-F 1,5kV Negro	ud	30	1,248	37,44
	Cable 1.5mm verde amarillo tierra flexible normal 750V H071-K	€/m	7	0,091	0,637
	Cable 1.5mm marrón tierra flexible normal 750V H071-K	€/m	7	0,091	0,637
	Cable 1.5mm azul tierra flexible normal 750V H071-K	€/m	7	0,091	0,637
	Cable 1.5mm negro tierra flexible normal 750V H071-K	€/m	7	0,091	0,637
	Juego Conectores WEIDMULLER paneles-regulador	ud	1	3,9975	3,9975
				<i>Subtotal</i>	81,43
3	<b>Red hidráulica</b>				
	Tubo PVC 6 Atm	€/m	75	0,8255	61,9125
	Codo 90º encolar PVC	ud	3	1,6185	4,8555
	Válvula de pie	ud	1	8,879	8,879
	Válvula de retención	ud	1	10,439	10,439
Depósito de regulación	ud	1	811,85	811,85	
				<i>Subtotal</i>	897,936
4	<b>Instalación</b>				
	Mano de obra instalación fotovoltaica	horas	5	10	50
	Mano de obra bomba de agua	horas	4	12	48
Protecciones	ud			30	
				<i>Subtotal</i>	128,00
<b>TOTAL</b>					<b>5032,601</b>

Tabla 21: Gastos de la instalación fotovoltaica. Fuente: Propia.

En los gastos de la instalación fotovoltaica, aparte de la inversión inicial también tendremos que tener en cuenta los gastos producidos por el mantenimiento anual de los paneles y la bomba, cuyo coste rondará los 200€. Además de la gasolina agrícola que se utilizará en caso de tener que poner en marcha el grupo electrógeno, este variará cada año y dependerá tanto de la climatología como de posibles incidentes. Como no es predecible, se ha supuesto que en la peor de las situaciones el grupo electrógeno trabajará durante un mes completo.

Para obtener la gasolina que consumiremos debemos iterar las características del generador de gasolina, para adecuarlas a nuestra demanda. Es decir, la bomba consume 3000W que será la carga del grupo electrógeno. Si hacemos una regla de tres, podemos calcular que esa carga representa el 66,67% del total de la potencia (4500W). Para obtener los datos restantes correspondientes a nuestra carga debemos iterar.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Potencia (W)	Carga (%)	Autonomía dependiendo de la carga (L/h)	Autonomía dependiendo de la carga (h)
3375	75	2,34	5,5
<b>3000</b>	<b>66,67</b>	<b>2,15</b>	<b>6,1</b>
2250	50	1,78	7,3

Tabla 21: Características del generados de gasolina para la carga de nuestro proyecto. fuente : Propia.

Después de adecuar las características del generador de gasolina a nuestra situación particular, podemos obtener el combustible consumido en un mes.

Potencia (W)	Combustible (L)	Precio gasolina en Palencia (€/L)	Coste diario (€/día)	Coste total periodo de cultivo (€/mes)
3000	13,1 15	0,907	11,9	356,86

Tabla 22: Cálculo del coste total de combustible del generador de gasolina. Fuente: Propia.

### 13.2 GASTOS DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON MOTOBOMBA

Supongamos que tenemos un sistema de bombeo donde la fuente de generación de energía es un generador de gasolina. Este sistema se compondría de: Una bomba de agua, un generador de gasolina, un depósito de agua (por seguridad, como en el caso de la instalación fotovoltaica) y tuberías. De todos estos componentes, las tuberías y el depósito pueden ser los mismos que en el caso de la instalación fotovoltaica detallada anteriormente.

La bomba de agua, en esta nueva situación, no hace falta que sea adecuada para energía solar y esto se verá reflejado en el precio. Bastaría con recurrir a una motobomba, para nuestras necesidades se ha seleccionado de forma orientativa la Motobomba GENERGY NERVIÓN. No se va a detallar la selección puesto que el objetivo es la comparación de coste frente a una instalación fotovoltaica.

De esta forma, tabulando todos los costes nos quedaría la siguiente inversión inicial:

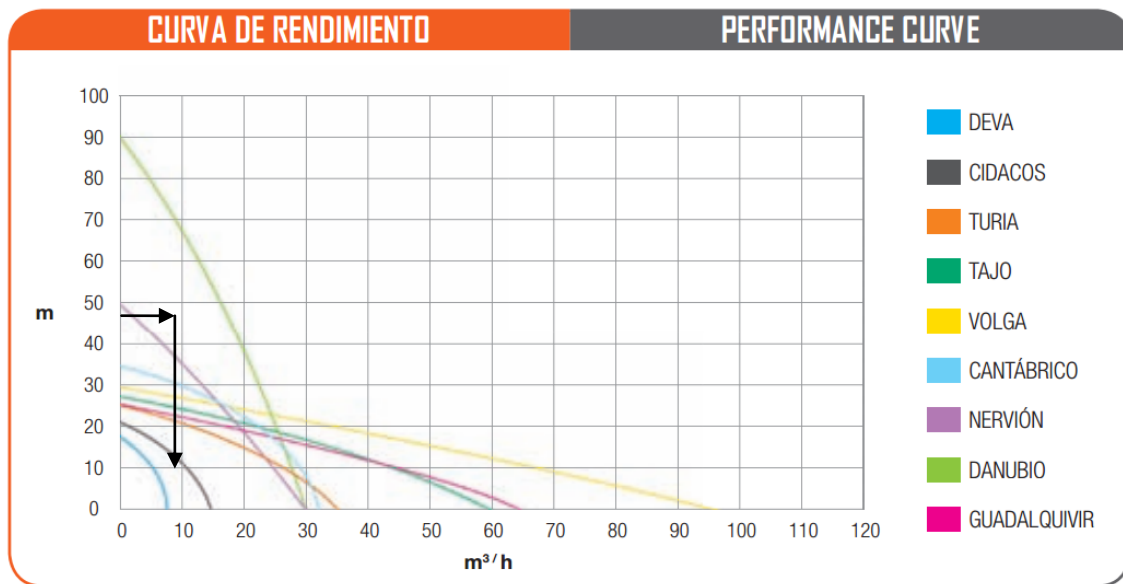


## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

ITEM	CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UD.	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>Equipo de bombeo</b>				
	Motobomba GENERGY NERVIÓN	ud	1	213,90	213,90
				<i>Subtotal</i>	213,90
<b>2</b>	<b>Red hidráulica</b>				
	Tubo PVC 6 Atm	€/m	75	0,8255	61,91
	Codo 90º encolar PVC	ud	3	1,6185	4,86
	Válvula de pie	ud	1	8,879	8,88
	Válvula de retención	ud	1	10,439	10,44
	Depósito de regulación	ud	1	811,85	811,85
				<i>Subtotal</i>	897,94
<b>TOTAL</b>					<b>1111,83</b>

Tabla 23: Gastos instalación de bombeo con generados de gasolina. Fuente : Propia.

Además tendremos que calcular el combustible que gasta nuestra motobomba para las necesidades hídricas. Para ello debemos calcular la cantidad de caudal que bombeará.



Gráfica 5: Curva de rendimiento de las Motobombas GENERGY. Fuente: Autosolar

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

MODELO / MODEL	NERVIÓN
Aplicación / Application	Aguas limpias y sucias sin sólidos >5° Clear and dirty waters without solids >5°
Diámetro exterior aspiración/descarga / Aspiration/discharge external diameter	2" 52mm (manguera recomendada 50-55mm interior) 2" 52mm (recommended hose 50-55mm interior)
Caudal máximo / Maximum flow	30.000 l/h
Altura aspiración máxima / Maximum aspiration height	5 mts
Altura total (desde succión a descarga) / Overall height (from suction to discharge)	50 mts
Modelo motor / Engine model	GENERGY SG70
Cilindrada / Displacement	210cc
Tipo de motor / Engine type	Gasolina, 4 tiempos OHV refrigeración forzada por aire Gasoline, 4-stroke OHV, air forced cooling
Nivel sonoro a 7mts / Sound level to 7m	73dB (A)
Presión máxima acústica CE-LwA acorde 2000/14EC Max. pressure guaranteed CE-LwA pursuant to 2000/14/EC	98dB (A)
Tipo de arranque / Startup type	Manual / Recoil
Capacidad depósito combustible / Fuel tank capacity	7.5L
Consumo hora - Autonomía al 25% 50% 75% aceleración Hourly consumption - Autonomy at 25% 50% 75% throttle	(0.8 l/h - 9,3h) (1 l/h - 7,5h) (1.2 l/h - 6,25h)
Capacidad de aceite - Tipo aceite / Oil capacity - Type of oil	0.6L SAE10W30 - SAE10W40
Kit de transporte / Transportation kit	No
Dimensiones L x A x Alto (cm) / Dimensions L x W x H (cm)	52 x 43x 59
Peso máquina / bruto embalaje (Kg) / Machine weight / gross packaging (Kg)	31 / 36
Referencia / Reference	2013053

Tabla 24: Características Motobomba Nervión. Fuente: Genergy.

El caudal será aproximadamente de  $Q = 9 \frac{m^3}{h} = 9000 \frac{l}{h}$ . Si 30000 l/h representa el 100% de la carga, haciendo una regla de tres podemos obtener la carga que representa  $9000 \frac{l}{h}$ , que será el 30%.

Una vez que sabemos el porcentaje de carga que representan nuestras necesidades hídricas podemos iterar para obtener las características restantes que necesitamos.

Carga (%)	Autonomía dependiendo de la carga (L/h)	Autonomía dependiendo de la carga (h)
50	1	7,5
<b>30</b>	<b>0,84</b>	<b>8,94</b>
25	0,8	9,3

Tabla 25: Características de la motobomba Nervión para las necesidades de este proyecto. Fuente: Propia.

Una vez que tenemos los datos adecuados a nuestra carga podemos calcular los litros que consumiremos y por tanto el precio de los mismos.

Com bustible (L)	Precio gasolina agrícola en Palencia (€/L)	Coste diario (€/día)	Coste total gasolina para periodo de cultivo (€/230 días)
7,51	0,907	6,812	1566,66

Tabla 26: Cálculo del coste total de combustible del generador de gasolina. Fuente: Propia.

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

Si comparamos ambas situaciones podemos observar como la instalación fotovoltaica tiene una inversión inicial mucho más elevada que el generador de gasolina. Sin embargo, los siguientes años apenas tiene gastos, mientras que los del generador de gasolina se mantienen elevados.

<b>Año</b>	<b>Gastos instalación fotovoltaica (€)</b>	<b>Gastos generador gasolina (€)</b>
<b>0</b>	5589,461	2678,49
<b>1</b>	556,86	1566,66
<b>2</b>	556,86	1566,66
<b>3</b>	556,86	1566,66
<b>4</b>	556,86	1566,66
<b>5</b>	556,86	1566,66
<b>6</b>	556,86	1566,66
<b>7</b>	556,86	1566,66
<b>8</b>	556,86	1566,66
<b>9</b>	556,86	1566,66
<b>10</b>	556,86	1566,66
<b>11</b>	556,86	1566,66
<b>12</b>	556,86	1566,66

Tabla 27: Comparación de los gastos entre instalación fotovoltaica y generador de gasolina. Fuente: Propia.

## IV. CONCLUSIONES

Después de haber analizado el proyecto detalladamente, se puede comprobar que se han cumplido los objetivos marcados al principio del mismo.

1. Llevar a cabo un proyecto con los conocimientos adquiridos en el Grado Superior de Ingeniería Industrial.
  - A lo largo de todo el proyecto hemos tenido que poner emplear conocimientos de fluidos, electricidad, proyectos y otras muchas asignaturas que se imparten en el grado de ingeniería industrial.
2. Que dicho proyecto no sea solo teórico, sino que también se pueda poner en práctica.
  - Este proyecto se ha diseñado para una parcela específica de la región de Palencia, y todos los cálculos son referentes a la misma. Además, se ha contactado con varias empresas las cuales han corroborado la compatibilidad de los diferentes componentes del sistema
3. Dar a conocer la energía fotovoltaica en el campo de la agricultura
  - La introducción de energías renovables en el medio rural implica un avance tanto económico como social.
4. Comprobar que la energía fotovoltaica es la mejor de las opciones
  - Para el emplazamiento y las condiciones específicas del proyecto presente, la mejor de las opciones es la energía fotovoltaica. Ya sea, porque es la única opción viable (comparándola con un sistema conectado a red o un sistema con aerogenerador), o bien porque es mucho más económica a largo plazo (comparándola con un sistema de generador de gasolina).
5. Que el proyecto sea en todo momento sostenible con el medioambiente.
  - Este proyecto contiene fuentes de energía renovables, por lo que se puede concluir que será menos contaminante que cualquier otra alternativa que no lo tenga.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Allen Richard, G. Pereira, L. Raes, D. Smith, M. (2006). "*Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*". Estudio FAO Riego y Drenaje.
- García, C., Dias Robaina, A., & Calgaro, M. (2003). "*Selección de bombas para riego (p. www.inia.org.uy)*". Uruguay: Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA.
- Junta de Castilla y León (2017): "*Anuario de estadística agraria de Castilla y León: Estadísticas agrícolas 2017*". Recuperado de <https://agriculturaganaderia.jcyl.es>
- Lorenzo, E. (2014). "*Electricidad solar fotovoltaica*". Mairena de Aljarafe (Sevilla): PROGENSA.
- MORILLO-VELARDE, R. (2013): "*Avances en el riego de la remolacha*", AIMCRA, 115.
- Ovacen (2018): "*12 Gráficas para entender la fotovoltaica en el mundo, Europa y España*". Blog de sostenibilidad: Recuperado de <https://ovacen.com>
- Pareja Aparicio, M. (2010). "*Energía solar fotovoltaica*". Barcelona: Marcombo.
- PASTOR BENET, R. MANZANO PRESA, M. (2001): "*Técnicas de riego de la remolacha azucarera*". Valladolid: AIMCRA, CAJA ESPAÑA.
- Perpiñán Lamigueiro, O., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. (2012). "*Diseño de sistemas fotovoltaicos*". Mairena del Aljarafe, Sevilla: PROGENSA.

## ANEXO I

## NORMATIVA

## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

A continuación se hará un listado de las normativas seguidas para el diseño de la instalación fotovoltaica propuesto en este proyecto:

- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red, IDEA, para Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. PCT-A-REV-febrero 2009.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Ley 1/2018, de 6 de marzo, para paliar los efectos producidos por la sequía.
- Decreto 209/1995, de 5 de octubre, que aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.
- ORDEN PRE/4000/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen medidas de control de la producción de azúcar y se regula la gestión de la producción de azúcar destinada a uso industrial.
- REAL DECRETO 1076/2014, de 19 de diciembre, sobre la asignación de derechos de régimen de pago básico de la Política Agrícola Común.
- Normas UNE.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

## ANEXO II

### FICHAS TÉCNICAS





**F** Fuji Electric



## Soluciones EasySun Pump

### Catálogo de Bombeo Solar

#### Cuadros de Control para Bombeo Solar Directo

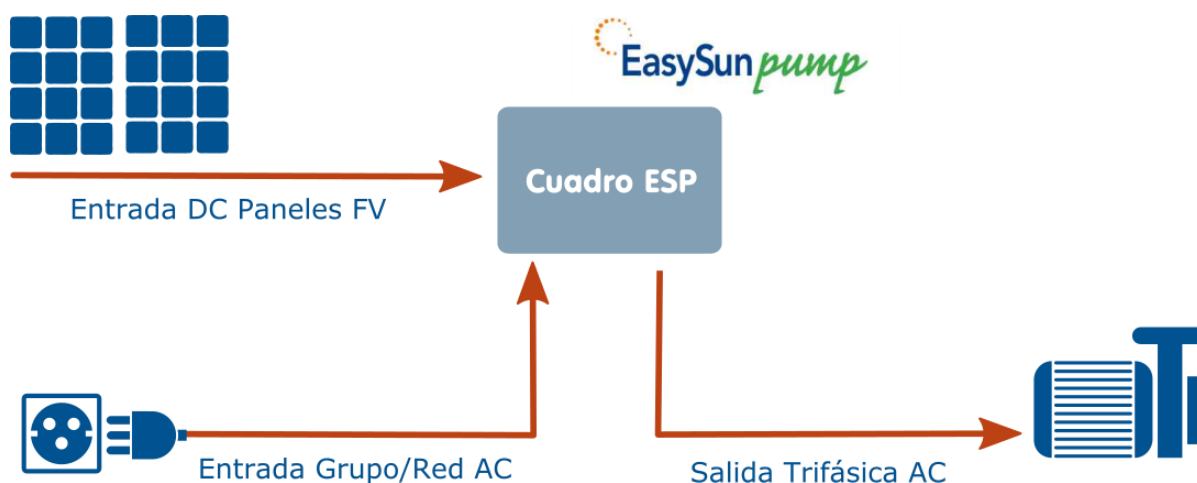
Gama de equipos para el Control de Bombeo Solar EasySun, Variadores, Montajes precableado en placa IP20, Montaje en caja IP54, características y Precios.

<b>1. DESCRIPCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2. TIPOS DE INSTALACIÓN</b>	<b>3</b>
2.1. MODO AISLADO FV	3
2.2. MODO ASISTIDO POR GRUPO ELECTRÓGENO O RED	3
2.3. MODO INTERCONECTADO CON GRUPO ELECTRÓGENO O RED	4
<b>3. FUNCIONES PARA BOMBEO SOLAR</b>	<b>5</b>
<b>4. GAMA DE POTENCIAS</b>	<b>5</b>
4.1. TENSIONES DE ENTRADA Y SALIDA	6
<b>5. FILTROS</b>	<b>6</b>
5.1. FILTROS EMC	6
5.2. FILTROS dV/dT	6
5.3. FILTROS SENOIDALES	7
5.4. OTROS FILTROS	7
<b>6. COMPONENTES DEL CUADRO ESP</b>	<b>7</b>
<b>7. TECLADOS</b>	<b>8</b>
7.1. TECLADO DEL VARIADOR	8
7.2. TECLADO MULTIFUNCIÓN PANTALLA LCD	8
<b>8. TERMINALES DE OPERADOR Y COMUNICACIONES</b>	<b>8</b>
8.1. PANTALLAS TERMINAL BÁSICO TECHNOSHOT T1070I Y AVANZADO V9	8
<b>9. GAMA DE VARIADORES</b>	<b>9</b>
<b>10. EASYSUN IP20</b>	<b>10</b>
10.1. CUADROS IP20. SALIDA AC HASTA 50 METROS	10
10.2. CUADROS IP20 CON FILTRO dV/dT. SALIDA AC HASTA 200 METROS	11
<b>11. CUADROS EASYSUN IP54</b>	<b>12</b>
11.1. CUADROS IP54. LONGITUD. SALIDA AC HASTA 50 METROS	12
11.2. CUADROS IP54 CON FILTRO dV/dT. SALIDA AC HASTA 200 METROS	13
<b>12. FORMATOS Y DIMENSIONES</b>	<b>14</b>
<b>13. REFERENCIAS EQUIPOS</b>	<b>15</b>

## 1. DESCRIPCIÓN

La serie **EasySun Pump F** es la evolución del sistema de control y potencia para bombeo solar que cuenta con más de 15 años de experiencia en el mercado. Para esta nueva evolución, se ha colaborado con la sucursal en España de Fuji Electric Europe GmbH para la electrónica de potencia y el control del sistema, lo que ha permitido dar un paso más en la fiabilidad y eficiencia de funcionamiento tradicionales de los controles de bombeo ESP.

El esquema general del sistema de bombeo solar se representa en la figura siguiente:



El Variador es el componente que gestiona la potencia recibida de los generadores disponibles y genera la corriente trifásica para alimentar a la bomba.

**Entrada al Variador:** El variador puede funcionar recibiendo energía eléctrica directamente desde diferentes generadores:

1. Desde un generador FV en corriente continua (DC).
2. Desde una entrada auxiliar de corriente alterna (AC) grupo electrógeno o la Red eléctrica.
3. Con las dos anteriores simultáneamente.

Algunos modelos de pequeña potencia disponen de entrada auxiliar AC para monofásica, el resto de modelos disponen de entrada auxiliar AC para corriente Trifásica. Cualquier modelo con entrada auxiliar AC trifásica puede funcionar con Monofásica a la mitad de su potencia nominal.

**Salida a la Bomba:** La salida del variador a la bomba es siempre corriente alterna (AC) trifásica a 230V o 400V según modelos, no se dispone de variadores de salida monofásica.

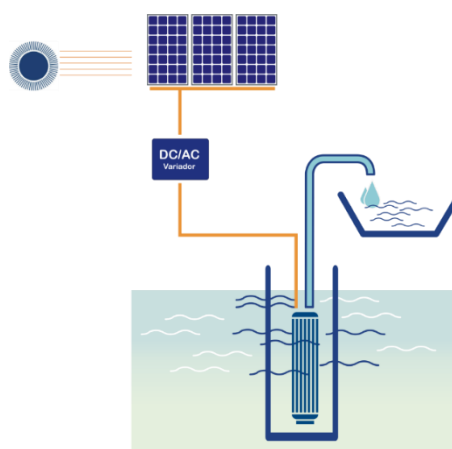
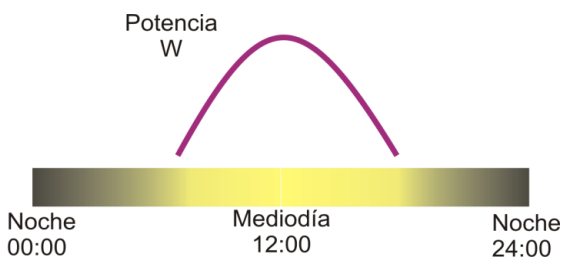
Los sistemas de control ESP permiten tres diferentes modos de funcionamiento según la configuración de los generadores que lo alimentan, Aislado, Asistido e Interconectado.

## 2. TIPOS DE INSTALACIÓN

El sistema ESP es capaz de funcionar con las diferentes configuraciones de alimentación del variador, Aislado FV, Asistido e Híbrido, adaptando de forma automática su configuración a cada modo.

### 2.1. Modo Aislado FV

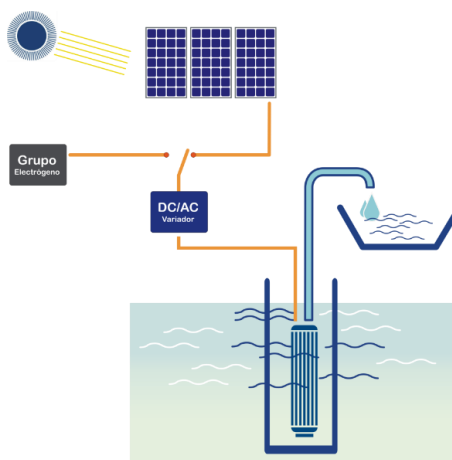
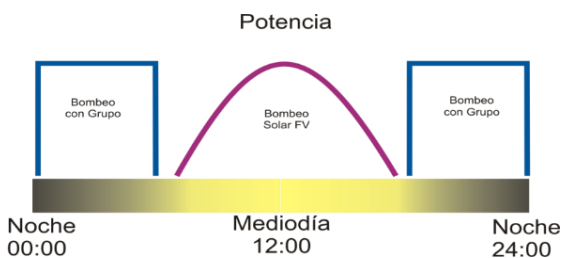
El sistema solar comienza su funcionamiento con la salida del Sol y mantiene su funcionamiento a lo largo del día dependiendo de la radiación solar disponible en cada momento. Es un sistema muy rentable cuando se dispone de una balsa para acumular agua. No es necesario que la producción de agua bombeada coincida en el tiempo con las necesidades de riego.



Se dispone exclusivamente de un generador FV, el caudal que proporciona es variable según la radiación solar hasta alcanzar la potencia nominal de la bomba. Instalación aislada y autónoma, funciona exclusivamente a partir de la energía producida por el generador solar.

### 2.2. Modo Asistido por Grupo Electrónico o Red

Se dispone de un generador solar y una segunda fuente de energía auxiliar AC, grupo electrónico o Red. Un caso típico es una explotación que no tiene suficiente agua empleando el tiempo de tarifa valle disponible, la instalación solar funciona durante el día y en horario nocturno se bombea con la Red.

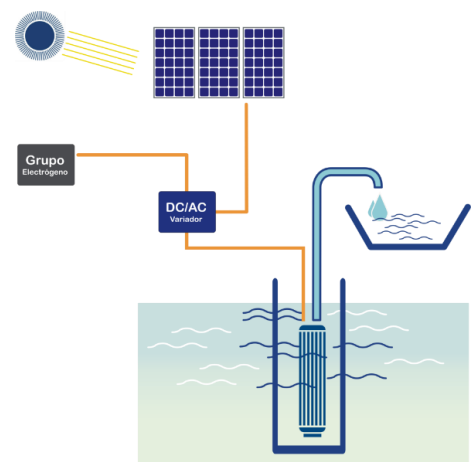
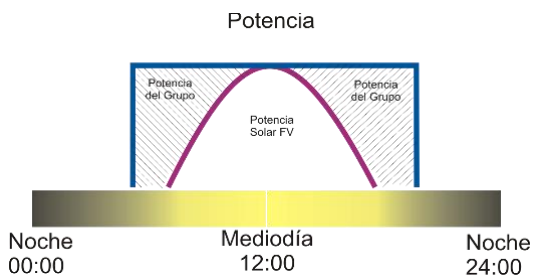


El conmutador puede estar motorizado y permite seleccionar la alimentación del Variador a los módulos FV o al generador auxiliar AC.

## 2.3. Modo Interconectado con Grupo electrógeno o Red

Se suele denominar “**Funcionamiento Híbrido**” cuando el Variador está conectado al generador solar y a la entrada auxiliar AC simultáneamente (Grupo electrógeno o la Red eléctrica de distribución). En este modo, la bomba funciona con el generador solar cuando dispone de suficiente energía, cuando baja la radiación solar y no hay potencia para mantener un correcto régimen de funcionamiento de la bomba, arranca el grupo electrógeno.

A lo largo del día, el sistema funciona solo con el generador solar durante algún tiempo con el generador solar, con el grupo y el generador solar durante otro periodo y solo con el Grupo electrógeno o Red si es necesario prolongar las horas de funcionamiento.



Es el sistema más flexible de funcionamiento y completamente automatizable, ya que el sistema ESP permite todos los modos de funcionamiento.

Este modo permite proporcionar la seguridad de suministro requerido para el riego, asegurando el volumen de agua necesario en cualquier situación.

## 3. FUNCIONES PARA BOMBEO SOLAR

En esta nueva versión el programa de control está incluido en el variador, y se han ampliado las más funciones específicas para bombeo solar, reduciendo el número de componentes necesarios.

Las principales funciones incorporadas son las siguientes:

1. **Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (PMP) del generador solar FV.** Aprovecha en todo momento la máxima potencia disponible en el generador solar.
2. **Gestión del ‘paso de nubes’.** El sistema responde frente a cambios de radiación bruscos evitando paradas y arranques de la bomba, inadmisibles en sistemas de elevada potencia.
3. **Control de Presión.** Permite limitar la presión del sistema de bombeo a un valor máximo mediante un sensor externo.
4. **Entrada AC Auxiliar.** El montaje en cuadro permite la entrada AC auxiliar de un grupo o la red para funcionar en paralelo con los paneles solares sin necesidad de conmutadores adicionales.
5. **Función de detección de pozo seco.** Con esta función se evita el funcionamiento en vacío de la bomba sin necesidad de sensores.
6. **Detección de niveles.** Dispone de entradas para sondas de nivel configurables para detener el funcionamiento una vez alcanzado el nivel establecido.
7. **Configurable para motores asíncronos y síncronos de imanes permanentes.** Por su mayor eficiencia, los motores de imanes permanentes son una eficiente opción para bombeo solar.
8. **Función “Despertar” y “Dormir”.** Incluye la programación necesaria para su funcionamiento exclusivo con un generador solar, evitando arranques y paradas innecesarias al amanecer y a la puesta del Sol.

Los sistemas incluyen de fábrica una parametrización de valores por defecto que permiten simplificar y reducir el tiempo necesario para su configuración. Se suministra con la documentación necesaria para la puesta en marcha del sistema y configuración de todas sus funciones.

## 4. GAMA DE POTENCIAS

Los modelos normalizados para tensiones trifásicas de bombas de 400Vac y 230Vac son los siguientes:

		Potencias ESP (kW)																					
		1,1	1,5	2,2	3	5,5	7,5	11	15	19	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280
230 V		Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad	Modelo no estándar, consultar disponibilidad
400 V		Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar	Modelo estándar

La gama ESP incluye equipos montados y cableados para simplificar el trabajo de instalación y puesta en marcha del sistema, todos ellos en versiones IP20 e IP54. Para potencias o tensiones superiores se dispone de soluciones personalizadas en función de las necesidades del proyecto.

## 4.1. Tensiones de Entrada y Salida

### Tensión de Salida

**Todos los variadores generan tensión trifásica en la salida, no se dispone de variadores con salidas para motores de bombas monofásicas.** Cuando se habla de un “variador monofásico” se está haciendo referencia a la entrada auxiliar AC del variador.

- Solo dos modelos disponen de entrada auxiliar AC monofásica, los de 1,5 y 2,2kW ambos de 230V.
- El resto de modelos están previstos para la entrada auxiliar AC de tensión trifásica.

**NOTA:** Las entradas auxiliares AC trifásicas permiten la conexión de monofásica siempre y cuando la potencia no supere la mitad de la potencia nominal del variador. Por ejemplo, si es necesario disponer de entrada auxiliar AC monofásica para 5 kW se solicitará un ESP de 10kW que sería la solución más fiable y económica.

### Tensión de Entrada

- **La entrada DC del campo de paneles** de acuerdo con la tensión de salida del Variador 230V o 400V, consultar los valores máximos y mínimos de tensión de entrada admisibles para configurar el número de paneles en serie necesarios en cada caso.
- **La entrada auxiliar AC** es siempre de la misma tensión de salida AC del variador, 230V o 400V. Salvo los dos modelos de 1,1 y 2,2 kW 230V que disponen de entrada auxiliar 230V Monofásica, para el resto de la gama ESP las entradas auxiliares AC son trifásicas.

## 5. FILTROS

La electrónica de potencia de los variadores genera las tensiones y frecuencias de salida mediante pulsos de frecuencias elevadas que pueden producir algunos efectos no deseados.

Con el fin de eliminar problemas derivados de la generación de pulsos, es necesario emplear diferentes tipos de filtros, los más importantes son los siguientes:

### 5.1. Filtros EMC

Diseñados para eliminar las perturbaciones conducidas de alta frecuencia. En la entrada al variador filtros CEM y en la salida filtros de ferrita que se instalan a la salida de los cables de potencia del variador. Los cuadros ESP incluyen los filtros de ferrita instalados de serie.

### 5.2. Filtros dV/dt

**Descripción:** Debido a la capacidad parásita de los cables, los pulsos de tensión de la salida trifásica del variador generan picos de tensión muy elevados que pueden llegar a perforar los aislamientos de las bobinas de las bombas, el efecto aumenta con la longitud del cable. El filtro dV/dt elimina estos picos de tensión y reduce las corrientes de fuga entre fases para distancias de cable de 50 a 200 metros.

**Selección:** Cada variador requiere de un filtro específico dV/dt, consultar tabla de selección de filtros. Los cuadros ESP hasta 50 metros y hasta 200 metros son versiones sin y con filtro dV/dt.

## 5.3. Filtros Senoidales

**Descripción:** Convierten la salida de pulsos del variador en una tensión senoidal, lo que permite aumentar las distancias de los cables desde el variador a la bomba hasta 1000 metros sin que aparezcan picos de tensión.

**Selección:** El filtro senoidal es una opción que se instala en la línea de salida lo más cerca posible del variador, cada variador requiere de un filtro específico.

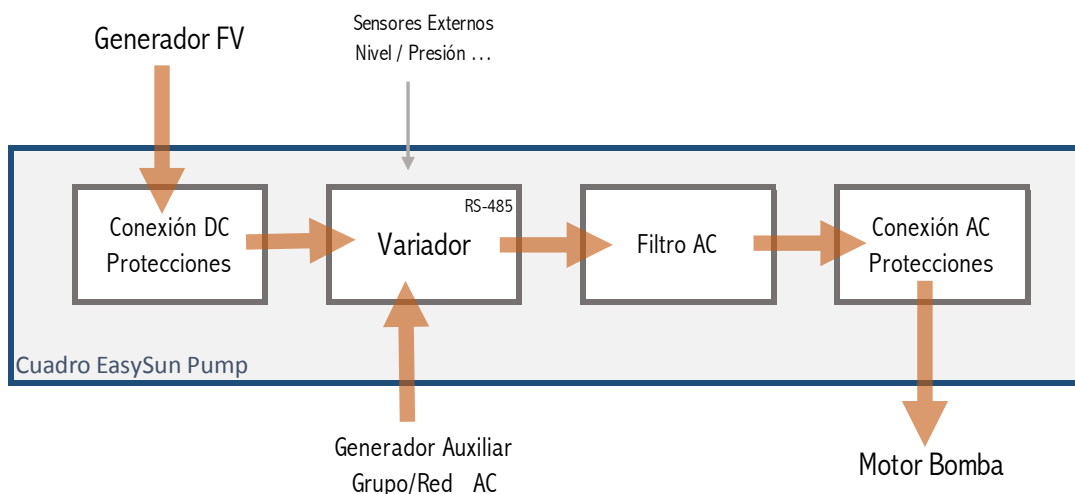
Los filtros anteriormente descritos para la salida trifásica del variador son los más importantes y frecuentes en aplicaciones de bombeo solar con paneles solares.

## 5.4. Otros Filtros

Existen diferentes situaciones y modos de operación que pueden requerir la instalación de filtros adicionales con el fin de mejorar el funcionamiento o de optimizar el consumo. Su descripción y aplicación se puede consultar en el documento “ESP-Filtros.PDF”.

## 6. COMPONENTES DEL CUADRO ESP

El sistema de Control y Potencia ESP incluye el Variador y los componentes electromecánicos para la conexión y protecciones necesarias del cuadro eléctrico.



Todos los equipos se programan y prueban en fábrica con programación personalizada para cada modelo, lo que simplificará posteriormente la puesta en marcha.

Para garantizar el correcto funcionamiento y vida útil del variador es necesario realizar un montaje electromecánico que cumpla las normas de seguridad eléctrica con componentes dimensionados correctamente. FUJI Electric podría no admitir en garantía variadores que no se han instalado en las condiciones adecuadas.



## 7. TECLADOS

Para toda la gama de potencias se dispone de diferentes opciones de teclados y pantallas que permiten configurar el sistema de monitorización y control más adecuada para cada aplicación.

### 7.1. Teclado del Variador



El teclado incluido con el variador permite monitorizar el estado de marcha del equipo, especificar el valor los parámetros, monitorizar el estado de las entradas/salidas digitales, información de mantenimiento y alarmas.

El valor presentado en la pantalla puede ser seleccionado, los valores más típicos son Frecuencia (Hz), Tensión de Salida (V) y Corriente (A).

### 7.2. Teclado Multifunción pantalla LCD



Teclado opcional que permite acceder a todas las funciones del variador con pantalla LCD que permite la visión simultánea de diferentes valores.

Cuando las operaciones de parametrización y consulta del funcionamiento del variador se realicen frecuentemente.

## 8. TERMINALES DE OPERADOR Y COMUNICACIONES

### 8.1. Pantallas Terminal básico Technoshot T1070i y avanzado V9

La pantalla T1070i proporciona la monitorización y comunicaciones necesarias para el sistema mediante una pantalla táctil preparada para trabajar en entornos industriales.



**TS1070**

CE

7 pulgadas	WVGA	64K colores	TFT
LED	3 puertos serie (D-sub9x2)	2 puertos USB	Ethernet

Puertos de comunicaciones serie RS232, RS485, USB y Ethernet que permiten reunir información del Variador y otros elementos externos como contadores de caudal, sensores de presión, datos meteorológicos.

Es una herramienta que simplifica el control del funcionamiento del sistema y facilita la parametrización de los diferentes valores que el usuario puede modificar para adaptarse a la instalación. Los terminales de operador hacen posible el control y la monitorización de la aplicación mediante la función de comunicaciones VPN integrada en los terminales V9. Es sistemas donde la seguridad de las comunicaciones es crítica, se dispone de la posibilidad de implementar un servidor VPN.

## 9. GAMA DE VARIADORES

La gama estándar de variadores para el control de bombeo solar directo cubre potencias desde 1kW hasta 280kW, los modelos disponibles son los siguientes:

### Variadores



	Potencia (kW)	Tensión (V)	Potencia (CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Talla	Descripción	Código BAAN	PVP	Referencia FUJI	Disp
230 Vac	1,5	230	2	8	Monofásica	1	Variador 1,5/230M F	7912058	376	FRN0008E2E-7GA	Si
	2,2	230	3	11	Monofásica	1	Variador 2,2/230M F	7912059	439	FRN0011E2E-7GA	Si
	3	230	4	12	Trifásica	1	Variador 3/230 F	7912048	403	FRN0012E2S-2GA	Si
	5,5	230	7	20	Trifásica	1	Variador 5,5/230 F	7912049	656	FRN0020E2S-2GA	Si
	7,5	230	10	30	Trifásica	2	Variador 7,5/230 F	7912050	833	FRN0030E2S-2GA	No
	11	230	15	40	Trifásica	2	Variador 11/230 F	7912051	867	FRN0040E2S-2GA	No
	15	230	20	56	Trifásica	3	Variador 15/230 F	7912052	1.208	FRN0056E2S-2GA	No
	18,5	230	25	69	Trifásica	3	Variador 18,5/230 F	7912053	1.546	FRN0069E2S-2GA	No
	22	230	30	88	Trifásica	3	Variador 22/230 F	7912054	2.118	FRN0088E2S-2GA	No
30	230	41	115	Trifásica	3	Variador 30/230 F	7912055	2.821	FRN0115E2S-2GA	No	
400 Vac	1,1	400	1	3	Trifásica	1	Variador 1,1/400 F	7912061	405	FRN0004E2E-4GA	Si
	2,2	400	3	5	Trifásica	1	Variador 2,2/400 F	7912062	455	FRN0006E2E-4GA	Si
	3	400	4	6	Trifásica	1	Variador 3/400 F	7912063	510	FRN0007E2E-4GA	SI
	5,5	400	7	11	Trifásica	1	Variador 5,5/400 F	7912064	636	FRN0012E2E-4GA	Si
	7,5	400	10	18	Trifásica	2	Variador 7,5/400 F	7912065	734	FRN0022E2S-4E	SI
	11	400	15	23	Trifásica	2	Variador 11/400 F	7912066	824	FRN0029E2S-4E	Si
	15	400	20	31	Trifásica	3	Variador 15/400 F	7912067	945	FRN0037E2S-4E	SI
	18,5	400	25	38	Trifásica	3	Variador 18,5/400 F	7912068	1.325	FRN0044E2S-4E	Si
	22	400	30	45	Trifásica	3	Variador 22/400 F	7912069	1.683	FRN0059E2E-4E	SI
	30	400	41	60	Trifásica	3	Variador 30/400 F	7912070	2.050	FRN0072E2E-4E	Si
	37	400	50	75	Trifásica	Esp	Variador 37/400 F	7912071	2.724	FRN0085E2E-4E	Si
	45	400	61	91	Trifásica	Esp	Variador 45/400 F	7912072	3.446	FRN0105E2E-4E	Si
	55	400	75	112	Trifásica	Esp	Variador 55/400 F	7912073	4.173	FRN0139E2E-4E	SI
	75	400	102	150	Trifásica	Esp	Variador 75/400 F	7912074	4.582	FRN0168E2E-4E	Si
	90	400	122	176	Trifásica	Esp	Variador 90/400 F	7912075	5.708	FRN0203E2E-4E	SI
	110	400	150	210	Trifásica	Esp	Variador 110/400 F	7912076	6.911	FRN0240E2E-4E	Si
	132	400	180	253	Trifásica	Esp	Variador 132/400 F	7912077	7.857	FRN0290E2E-4E	SI
160	400	218	304	Trifásica	Esp	Variador 160/400 F	7912078	9.507	FRN0361E2E-4E	Si	
200	400	272	377	Trifásica	Esp	Variador 200/400 F	7912079	11.524	FRN0415E2E-4E	SI	
220	400	299	415	Trifásica	Esp	Variador 220/400 F	7912080	12.949	FRN0520E2E-4E	Si	
280	400	381	520	Trifásica	Esp	Variador 280/400 F	7912081	14.425	FRN0590E2E-4E	Si	

Los variadores no incluyen una programación específica o personalizada, se suministran con los valores por defecto que vienen de fábrica.

Consultar disponibilidad y plazo de entrega para los variadores no estándar de 230V desde 7 a 30kW.

## 10. EASY SUN IP20

El Control de Bombeo EasySun IP20 es un montaje cableado sobre placa de aluminio del cuadro de control completo de un bombeo solar, para su integración en cuadro o fijar sobre pared en interiores.

- **Montaje IP20:** Equipo IP20 completamente cableado y montado sobre placa base.
- **Conexión series FV:** Bornas seccionables con fusible para las series de módulos FV.
- **Interruptor Marcha/Paro:** Interruptor para la puesta en marcha o parada del equipo.
- **Salida AC a la bomba:** Bornes para Salida de alimentación AC de la bomba.
- **Filtros:** Incluido filtro EMC, versiones para hasta 50 y 200 metros, con y sin filtro dV/dt.
- **Conexiones para Sensores Nivel y Presión:** Entradas cableadas para sensores de nivel y de presión.
- **Entrada Auxiliar AC:** Entrada AC de Red/Grupo sobre interruptor de protección y seccionador.

Detección automática del modo de funcionamiento híbrido con FV, solo FV o solo Red/Grupo.

### 10.1. Cuadros IP20. Salida AC hasta 50 metros

Hasta 25 metros con cable apantallado, el montaje F050 no incluye filtros dV/dt.

#### Cuadros ESP IP20

Sin Filtro dV/dt



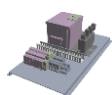
	Potencia	Tensión	Potencia	Corriente	Tensión	Talla	Hasta 50 metros		
	kW	V	CV	A	Entrada Aux AC		Descripción	Código	PVP
<b>230 Vac</b>	1,5	230M	2	8	Monofásica	1	ESP- 1,5/230M-IP20-F050	3503190	958
	2,2	230M	3	11	Monofásica	1	ESP- 2,2/230M-IP20-F050	3503191	1.004
	3	230	4	12	Trifásica	1	ESP- 3/230-IP20-F050	3503103	1.050
	5,5	230	7	20	Trifásica	1	ESP- 5,5/230-IP20-F050	3503104	1.348
<b>400 Vac</b>	1,1	400	1	3	Trifásica	1	ESP- 1,1/400-IP20-F050	3503112	1.023
	2,2	400	3	5	Trifásica	1	ESP- 2,2/400-IP20-F050	3503113	1.079
	3	400	4	6	Trifásica	1	ESP- 3/400-IP20-F050	3503114	1.140
	5,5	400	7	11	Trifásica	1	ESP- 5,5/400-IP20-F050	3503115	1.302
	7,5	400	10	18	Trifásica	2	ESP- 7,5/400-IP20-F050	3503116	1.455
	11	400	15	23	Trifásica	2	ESP- 11/400-IP20-F050	3503117	1.561
	15	400	20	31	Trifásica	3	ESP- 15/400-IP20-F050	3503118	2.155
	18,5	400	25	38	Trifásica	3	ESP- 18,5/400-IP20-F050	3503119	2.577
	22	400	30	45	Trifásica	3	ESP- 22/400-IP20-F050	3503120	2.975
30	400	41	60	Trifásica	3	ESP- 30/400-IP20-F050	3503121	3.383	

## 10.2. Cuadros IP20 con Filtro dV/dt. Salida AC hasta 200 metros

Cuando distancia de la salida AC hasta la bomba es menor de 200 metros con cable sin pantalla o de 100 metros con cable apantallado, este modelo incluye el filtro dV/dt.

### Cuadros ESP IP20

### Con Filtro dV/dt



	Potencia	Tensión	Potencia	Corriente	Tensión	Talla	Hasta 200 metros		
	kW	V	CV	A	Entrada Aux AC		Descripción	Código	PVP
<b>230 Vac</b>	1,5	230M	2	8	Monofásica	1	ESP- 1,5/230M-IP20-F200	3503192	1.249
	2,2	230M	3	11	Monofásica	1	ESP- 2,2/230M-IP20-F200	3503193	1.419
	3	230	4	12	Trifásica	1	ESP- 3/230-IP20-F200	3503126	1.465
	5,5	230	7	20	Trifásica	1	ESP- 5,5/230-IP20-F200	3503127	1.948
<b>400 Vac</b>	1,1	400	1	3	Trifásica	1	ESP- 1,1/400-IP20-F200	3503135	1.274
	2,2	400	3	5	Trifásica	1	ESP- 2,2/400-IP20-F200	3503136	1.369
	3	400	4	6	Trifásica	1	ESP- 3/400-IP20-F200	3503137	1.430
	5,5	400	7	11	Trifásica	1	ESP- 5,5/400-IP20-F200	3503138	1.717
	7,5	400	10	18	Trifásica	2	ESP- 7,5/400-IP20-F200	3503139	2.055
	11	400	15	23	Trifásica	2	ESP- 11/400-IP20-F200	3503140	2.161
	15	400	20	31	Trifásica	3	ESP- 15/400-IP20-F200	3503141	2.762
	18,5	400	25	38	Trifásica	3	ESP- 18,5/400-IP20-F200	3503142	3.312
	22	400	30	45	Trifásica	3	ESP- 22/400-IP20-F200	3503143	3.709
	30	400	41	60	Trifásica	3	ESP- 30/400-IP20-F200	3503144	4.185

Para distancias de cables AC mayores de 200 metros y hasta 1000 metros es necesaria la instalación de un filtro senoidal fuera del cuadro, en la salida AC hacia la bomba. Consultar la documentación "ESP-Filtros.PDF" para mayor detalle.

## 11. CUADROS EASYSUN IP54

El sistema de Control de Bombeo EasySun IP54 es un montaje cableado sobre placa de aluminio en caja IP54 del cuadro de control completo de un bombeo solar. Incorpora ventiladores con filtros de aire IP54 dimensionados para proporcionar condiciones de funcionamiento adecuadas con temperaturas ambiente de hasta 45°C.

- **Montaje IP54:** Equipo en cuadro ventilado IP54 listo para su instalación en exteriores.
- **Conexión series FV:** Bornas seccionables con fusible para las series de módulos FV.
- **Interruptor Marcha/Paro:** Interruptor para la puesta en marcha o parada del equipo.
- **Salida AC a la bomba:** Bornes para Salida de alimentación AC de la bomba.
- **Filtros:** Incluido filtro hasta 50m y filtros opcionales hasta 200m y mayores distancias.
- **Conexiones Auxiliares:** Entrada para la conexión de los sensores de nivel y el sensor de presión.
- **Entrada Auxiliar AC:** Entrada AC de la Red/Grupo electrógeno. Programado para la detección automática del modo de funcionamiento híbrido con FV, solo FV o solo Red/Grupo.

### 11.1. Cuadros IP54. Longitud. Salida AC hasta 50 metros

Hasta 25 metros con cable apantallado, este modelo no incluye filtros dV/dt.



## Cuadros ESP IP54

Sin Filtro dV/dt

	Potencia (kW)	Tensión (V)	Potencia (CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Talla	Hasta 50 metros	Código	PVP
	Descripción								
<b>230 Vac</b>	1,5	230M	2	8	Monofásica	1	ESP- 1,5/230M-IP54-F050.	3503194	1.539
	2,2	230M	3	11	Monofásica	1	ESP- 2,2/230M-IP54-F050.	3503195	1.584
	3	230	4	12	Trifásica	1	ESP- 3/230-IP54-F050.	3503148	1.631
	5,5	230	7	20	Trifásica	1	ESP- 5,5/230-IP54-F050.	3503149	1.929
<b>400 Vac</b>	1,1	400	1	3	Trifásica	1	ESP- 1,1/400-IP54-F050.	3503157	1.664
	2,2	400	3	5	Trifásica	1	ESP- 2,2/400-IP54-F050.	3503158	1.720
	3	400	4	6	Trifásica	1	ESP- 3/400-IP54-F050.	3503159	1.781
	5,5	400	7	11	Trifásica	1	ESP- 5,5/400-IP54-F050.	3503160	1.943
	7,5	400	10	18	Trifásica	2	ESP- 7,5/400-IP54-F050.	3503161	2.354
	11	400	15	23	Trifásica	2	ESP- 11/400-IP54-F050.	3503162	2.460
	15	400	20	31	Trifásica	3	ESP- 15/400-IP54-F050.	3503163	3.612
	18,5	400	25	38	Trifásica	3	ESP- 18,5/400-IP54-F050.	3503164	4.034
	22	400	30	45	Trifásica	3	ESP- 22/400-IP54-F050.	3503165	4.432
	30	400	41	60	Trifásica	3	ESP- 30/400-IP54-F050.	3503166	4.840

## 11.2. Cuadros IP54 con Filtro dV/dt. Salida AC hasta 200 metros

Cuando distancia de la salida AC hasta la bomba es menor de 50 a 200 metros con cable sin pantalla o 25-100 metros con cable apantallado. Este modelo incluye el filtro dV/dt ya instalado.



### Cuadros ESP IP54

### Con Filtro dV/dt

	Potencia (kW)	Tensión (V)	Potencia (CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Talla	Hasta 200 metros		
							Descripción	Código	PVP
<b>230 Vac</b>	<b>1,5</b>	230M	2	8	Monofásica	1	<b>ESP- 1,5/230M-IP54-F200</b>	3503196	<b>1.829</b>
	<b>2,2</b>	230M	3	11	Monofásica	1	<b>ESP- 2,2/230M-IP54-F200</b>	3503197	<b>1.999</b>
	<b>3</b>	230	4	12	Trifásica	1	<b>ESP- 3/230-IP54-F200</b>	3503171	<b>2.045</b>
	<b>5,5</b>	230	7	20	Trifásica	1	<b>ESP- 5,5/230-IP54-F200</b>	3503172	<b>2.529</b>
<b>400 Vac</b>	<b>1,1</b>	400	1	3	Trifásica	1	<b>ESP- 1,1/400-IP54-F200</b>	3503180	<b>1.914</b>
	<b>2,2</b>	400	3	5	Trifásica	1	<b>ESP- 2,2/400-IP54-F200</b>	3503181	<b>2.010</b>
	<b>3</b>	400	4	6	Trifásica	1	<b>ESP- 3/400-IP54-F200</b>	3503182	<b>2.071</b>
	<b>5,5</b>	400	7	11	Trifásica	1	<b>ESP- 5,5/400-IP54-F200</b>	3503183	<b>2.358</b>
	<b>7,5</b>	400	10	18	Trifásica	2	<b>ESP- 7,5/400-IP54-F200</b>	3503184	<b>2.954</b>
	<b>11</b>	400	15	23	Trifásica	2	<b>ESP- 11/400-IP54-F200</b>	3503185	<b>3.060</b>
	<b>15</b>	400	20	31	Trifásica	3	<b>ESP- 15/400-IP54-F200</b>	3503186	<b>4.218</b>
	<b>18,5</b>	400	25	38	Trifásica	3	<b>ESP- 18,5/400-IP54-F200</b>	3503187	<b>4.768</b>
	<b>22</b>	400	30	45	Trifásica	3	<b>ESP- 22/400-IP54-F200</b>	3503188	<b>5.166</b>
	<b>30</b>	400	41	60	Trifásica	3	<b>ESP- 30/400-IP54-F200</b>	3503189	<b>5.642</b>

Para distancias de cables AC mayores de 200 metros y hasta 1000 metros es necesaria la instalación de un filtro senoidal. Consultar la documentación sobre filtros EasySun para mayor detalle.

## 12. FORMATOS Y DIMENSIONES

El rango de potencias de los cuadros ESP-IP20 y ESP-IP54 incluye modelos desde 1 kW hasta 30 kW normalizados en tres tallas tal y como se indica en la siguiente tabla.

**Tallas de los Equipos ESP**

	1,1	1,5	2,2	3	5,5	7,5	11	15	19	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280	
<b>230 V</b>		T1	T1	T1	T1	T2	T2	T3	T3	T3													
<b>400 V</b>	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T3	T3	T3	T3	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP

T1 Talla N°1     
 T2 Talla N°2     
 T3 Talla N°3     
 ESP Armario formato especial

Donde T1, T2 y T3 corresponden a las Tallas normalizadas con formatos para su instalación sobre pared y ESP indica formato especial de armario sobre suelo.

Las dimensiones y pesos de los formatos estandarizados se incluyen en la siguiente tabla, donde aparecen dos pesos para cada formato dependiendo de las distancias de la línea de salida AC a la bomba.

### Talla 1 (1-5 kW)

	Ancho	Alto	Prof.	F050	F200
Formato IP20	350	550	210 mm	6	9 kg
Formato IP54	400	570	230 mm	8	12 kg

F050 Sin Filtro dV/dt  
F200 Con Filtro dV/dt

### Talla 2 (7-11 kW)

	Ancho	Alto	Prof.	F050	F200
Formato IP20	450	600	240 mm	10	14 kg
Formato IP54	500	700	250 mm	26	30 kg

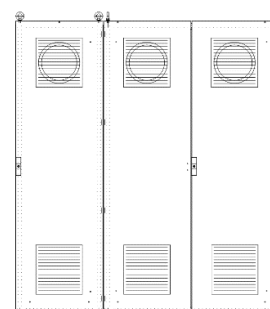
### Talla 3 (15-30 kW)

	Ancho	Alto	Prof.	F050	F200
Formato IP20	550	700	240 mm	14	20 kg
Formato IP54	600	800	250 mm	35	41 kg

Dimensiones exteriores y pesos aproximados.  
Versiones hasta 50 metros sin filtro y hasta 200 metros con Filtro dV/dt

Para potencias mayores de 30kW los formatos superiores a 30 kW son envolventes de tipo armario a suelo que permiten adaptarse a las características del punto de instalación y el nivel de protección necesarios.

La construcción más frecuente es con grado de protección IP54 en armarios amplios que permitan posible la instalación de la ventilación y filtros necesarios con posibilidad de incluir otros componentes y personalizar el equipo para proporcionar las especificaciones requeridas por cada cliente.



### 13. REFERENCIAS EQUIPOS

La descripción de los modelos sigue el siguiente criterio descrito en el siguiente ejemplo:

**ESP-5,5/400-IP20-F050**

5,5	400	IP20	F050
Potencia del Variador (kW)	Tensión AC de trabajo (V)	Grado protección IP	Distancia máxima de cable hasta el motor
	230M » Entrada AC Monof. 230V	IP20 » Sin caja	F050 = 50m
	230 » Entrada AC Trifásica 230V	IP54 » En caja estanca	F200= 200m
	400 » Entrada AC Trifásica 400V		

**ATERSA MADRID**

Calle Princesa, 25, 2º-2  
28008 MADRID - España  
Tel: 915 178 452  
Fax: 914 747 467

**ATERSA VALENCIA**

Polígono Industrial Juan Carlos I  
Avenida de la Foia, 14  
46440 ALMUSSAFES  
Valencia - España  
Tel: 902 545 111  
Fax: 902 503 355

**Teléfonos Internacional**

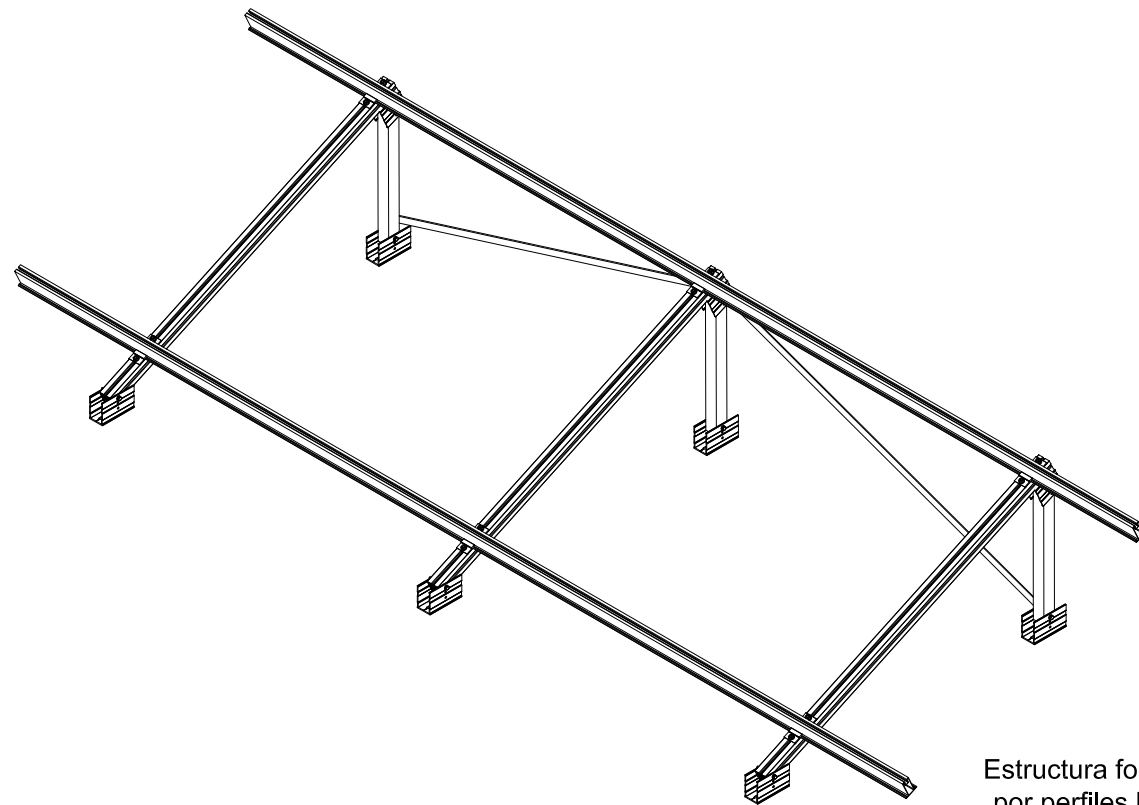
Tel.: +34 961 038 430  
Fax.: +34 961 038 432

E-Mail: [atersa@elecnor.com](mailto:atersa@elecnor.com)  
WEB: [www.atersa.com](http://www.atersa.com)





## PLAZO DE ENTREGA INMEDIATO



Estructura formada por perfiles RFV



Perfiles completamente mecanizados, embalados y listos para su montaje. Triángulo premontado.

### Cargas y Características técnicas:

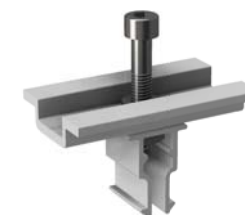
Peso propio paneles	121 N/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento
Viento	España 29 m/s Eurocódigo 1 Portugal 27 m/s Eurocódigo 1
Periodo retorno	10 años
Altura máxima	España 5 m. / Portugal 8 m.
Categoría del terreno	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques) Válido para España y Portugal para zona III.
Carga de nieve	200 N/m <sup>2</sup>

### MATERIALES

Perfilería de aluminio	EN AW 6005A T6.
Tornillería	Tornillería acero inoxidable A2-70

### Cláusulas :

- (1) El montador de una instalación fotovoltaica debe garantizar antes del montaje que la cubierta soporta las cargas transmitidas, para su correcta instalación.
- (2) Se deberán respetar todas las recomendaciones indicadas en los planos de montaje.
- (3) Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.
- (4) La cimentación, dependiendo de la disponibilidad y variabilidad del terreno, está sujeta a cambios bajo supervisión de técnico competente.
- (5) Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- (6) Se deberá seguir el plan de mantenimiento que proporciona Sunfer.
- (7) Documentos relacionados:
  - Plano de montaje.
  - Manual de montaje.
  - Reacciones y anclajes.
  - Certificado de garantía.
- (8) Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.



Presor central



Presor lateral

### CARACTERÍSTICAS DEL PRESOR :

- Válido para módulos de 33 hasta 50 mm. de espesor.
- Fácil montaje.

### Válido para :

- Cubierta plana.
- Suelo.

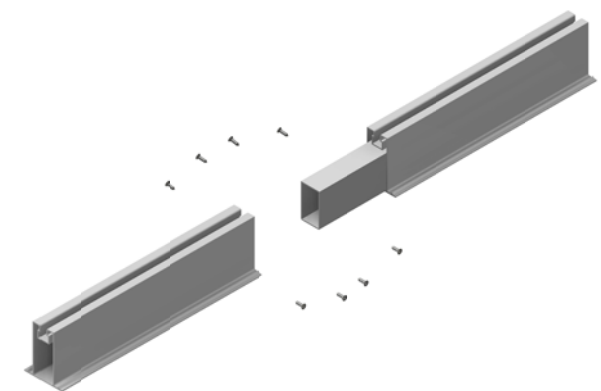
Disponibilidad de tuercas antirrobo.  
Opción de aluminio acabado en crudo y anodizado.

Material 100% reciclable.

**Cómoda instalación.**

Garantía: Hasta 25 años\*

\*Ver condiciones especiales de garantía.



**SUNFER  
ENERGY  
STRUCTURES**

FICHA TÉCNICA


# MONCAYO 4500W

V-II



ISO8528-13:2016 2006/42/EC EU/2016/1628 2014/30/EU 2000/14/EC (AM 5/88/EC) 2011/65/EU RoHS 1907/2006/CE REACH

FICHA TÉCNICA - TECHNICAL DATA SHEET

 **POWER PRODUCTS**  
**GENERGY**



MODELO	MONCAYO 4500W
Sistema de estabilización / Stabilizer system	Electrónica "AVR" / Electronic "AVR"
Voltaje - frecuencia / Voltage - Frequency	230V - 50Hz
AC 230V Máxima / Maximum (S2 5min)	4500W
AC 230V Nominal / Rated (COP)	4000W
AC 400V Máxima / Maximum (S2 5min)	-
AC 400V Nominal / Rated (COP)	-
Tipo por su número de fases / Number phase class	Monofásico / Single-phase
Factor de potencia / Power factor	1
Modelo motor / Engine model	SGB270PRO
Cilindrada / Displacement	272cc
Tipo de motor / Engine type	Gasolina, 4 tiempos OHV refrigerador por aire / Gasolina 4 stroke OHV air cooling
Nivel de presión acústica media 7mts LpA (Ralentí-nominal) Sound pressure level average 7mts LpA (Idle-rated)	66dB – 74dB
Nivel de potencia acústica garantizada LwA Guaranteed sound power level LwA	97dB
Tipo de arranque / Starting type	Manual / Recoil
Capacidad tanque combustible / Fuel tank capacity	13L
Consumo al 25-50-75% carga/Consumption 25-50-75% load	1,24 L/H—1.78L/H—2.34L/H
Autonomía 25-50-75% carga/Long run time 25-50-75% load	10.4H — 7.3H — 5.5H
Capacidad y grado de aceite / Oil grade and capacity	1L — SAE10W40
Nivel de aislamiento / Insulation grade	F
Clase según calidad de aislamiento / Quality insulation class	A
Clase según rendimiento / Performace class	G1
Estándar / Standard	ISO 8528-13:2016
Kit de transporte / Wheel kit	Integrado con ruedas de 8" / Integrated with 8" wheels
Dimensiones / Dimensions	632x577x563mm
Peso / Weight	55kg
Referencia / Item	10015
	<b>MANTENIMIENTO / MAINTENANCE</b>
filtro de aire / Air filter	400009
Bujía / Spark plug	400001
Escobillas / Brush	400064
Puesta en marcha	000000
Revision general 500horas /General maintenance 500hours	000000

## DESTACADO / HIGHLIGHT

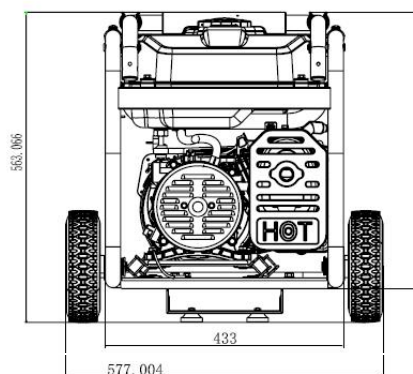
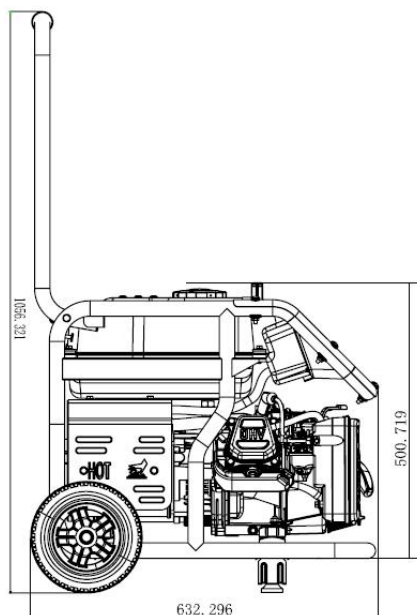
Motor EURO V GENERGY SGB270PRO. Bajas emisiones y excelente rendimiento. Fiabilidad y durabilidad aseguradas.  
Diseño Zero gravity, permite el desplazamiento del equipo de forma extremadamente cómoda.  
Pantalla indicadora de labores de mantenimiento, avisa al usuario de los procedimientos. Además, muestra V-HZ-horas.  
Alternador sobredimensionado y bobinado en cobre de alta calidad.  
Documentación del equipo: ESPAÑOL-INGLES Manual usuario: ESPAÑOL-INGLES-PORTUGUES.

## PANEL DE CONTROL / CONTROL PANEL



Display inteligente / Smart gauge  
Toma de tierra / Ground terminal  
Tomacorrientes / Socket 2x16A IP44  
Disyuntor general / General Breaker  
Disyuntor tomacorrientes 16A / Socket breaker 16A  
Pulsador arranque eléctrico / Electric push button

## DIMENSIONES / DIMENSIONS



**STOCK GARDEN GROUP**  
Calahorra 26500 (La Rioja)  
Tel: 941152733 - Fax: 9411152750  
Website: [www.genenergy.es](http://www.genenergy.es)  
Contact: [info@genenergy](mailto:info@genenergy)

**STP330 - 24/Vfw**  
**STP325 - 24/Vfw**  
**STP320 - 24/Vfw**



**330 Watt**  
**POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE**



**Features**



**High module conversion efficiency**

Module efficiency up to 17.0% achieved through advanced cell technology and manufacturing capabilities



**High PID resistant**

Advanced cell technology and qualified materials lead to high resistance to PID



**Positive tolerance**

Positive tolerance of up to 5W delivers higher output reliability



**Suntech current sorting process**

System output maximized by reducing mismatch losses up to 2% with modules sorted & packaged by amperage



**Extended wind and snow load tests**

Module certified to withstand extreme wind (3800 Pascal) and snow loads (5400 Pascal) \*



**Withstanding harsh environment**

Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert, farm and coastline

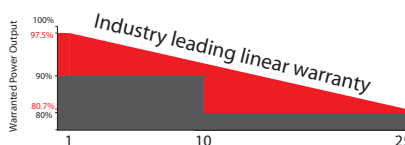
Certifications and standards:  
 IEC 61215, IEC 61730, conformity to CE



**Trust Suntech to Deliver Reliable Performance Over Time**

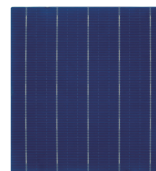
- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Unrivaled manufacturing capacity and world-class technology
- Rigorous quality control meeting the highest international standards: ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 and ISO17025: 2005
- Regular independently checked production process from international accredited institute/company
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing testing: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)\*\*\*
- Long-term reliability tests
- 2 x 100% EL inspection ensuring defect-free

**Industry-leading Warranty based on nominal power**



- 97.5% in the first year, thereafter, for years two (2) through twenty-five (25), 0.7% maximum decrease from MODULE's nominal power output per year, ending with the 80.7% in the 25th year after the defined WARRANTY STARTING DATE.\*\*\*\*
- 12-year product warranty
- 25-year linear performance warranty

**Special 5 busbar design**



The unique cell design leads reduction in electrodes resistance, shading area and raise in conversion efficiency. Residual stress distribution can be more even, reducing the micro-cracks risks.

**IP68 Rated Junction Box**

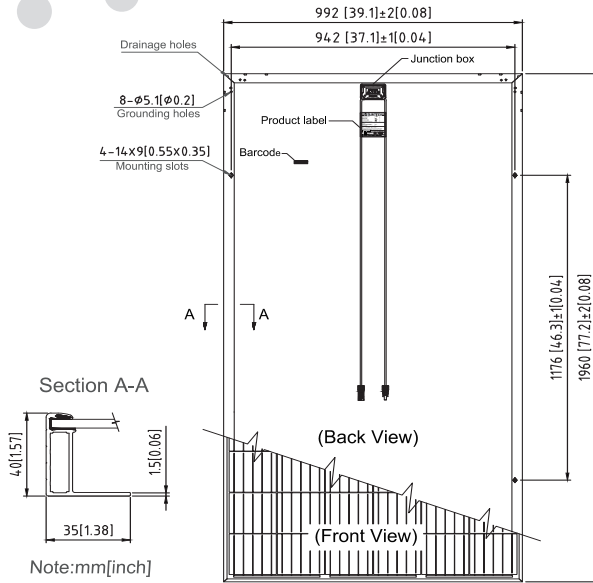


The Suntech IP68 rated junction box ensures an outstanding waterproof level, supports installations in all orientations and reduces stress on the cables. High reliable performance, low resistance connectors ensure maximum output for the highest energy production.

\* Please refer to Suntech Standard Module Installation Manual for details. \*\*WEEE only for EU market.

\*\*\* Please refer to Suntech Product Near-coast Installation Manual for details. \*\*\*\* Please refer to Suntech Product Warranty for details.

**STP330-24/Vfw**  
**STP325-24/Vfw**  
**STP320-24/Vfw**



**Electrical Characteristics**

STC	STP330-24/ Vfw	STP325-24/ Vfw	STP320-24/ Vfw
Maximum Power at STC (Pmax)	330W	325 W	320 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	37.5V	37.3V	37.1 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.81A	8.72A	8.63A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.2V	45.9 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.38A	9.26 A	9.14A
Module Efficiency	17.0%	16.7%	16.5%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM=1.5;  
 Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

NOCT	STP330-24/ Vfw	STP325-24/ Vfw	STP320-24/ Vfw
Maximum Power at NOCT (Pmax)	243.5W	240.0W	235.0W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	34.3V	34.2V	33.9V
Optimum Operating Current (Imp)	7.10A	6.99 A	6.94 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.5V	42.2V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.60A	7.49A	7.40 A

NOCT: Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s;  
 Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

**Temperature Characteristics**

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.33 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.067 %/°C

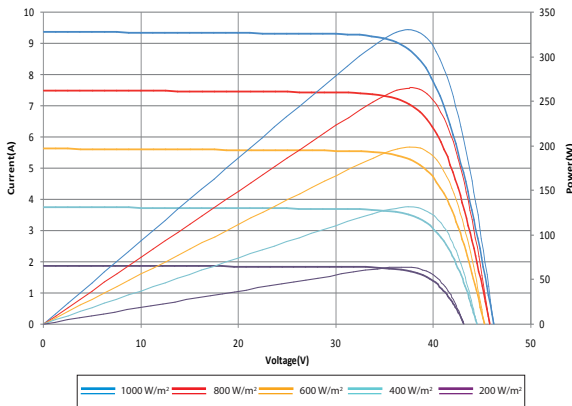
**Mechanical Characteristics**

Solar Cell	Polycrystalline silicon 6 inches
No. of Cells	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 40mm (77.2 × 39.1 × 1.6 inches)
Weight	22.1 kgs (48.7 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), symmetrical lengths (-) 1100mm (43.3 inches) and (+) 1100 mm (43.3 inches)
Connectors	MC4 compatible

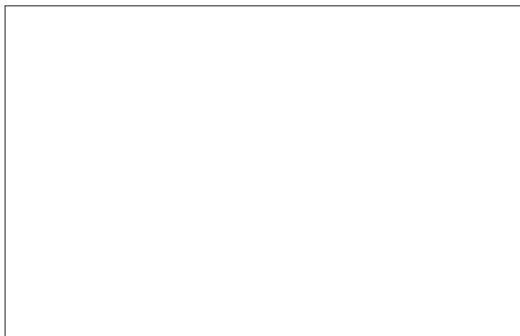
**Packing Configuration**

Container	20' GP	40' GP	40' HC
Pieces per pallet	26	26	26
Pallets per container	5	12	24
Pieces per container	130	312	624

**Current-Voltage & Power-Voltage Curve (330-24)**



**Dealer information**



Information on how to install and operate this product is available in the installation instruction. All values indicated in this data sheet are subject to change without prior announcement. The specifications may vary slightly. All specifications are in accordance with standard EN 50380. Color differences of/in the modules relative to the figures as well as discolorations of/in the modules which do not impair their proper functioning are possible and do not constitute a deviation from the specification.

# Tubería lisa PVC presión adecuada para abastecimiento y distribución

## Descripción

La tubería de Poli(cloruro de vinilo) se obtiene mediante un proceso de extrusión consistente en hacer pasar la resina de PVC debidamente aditivada, fundida y por lo tanto moldeable a través de una boquilla con sección anular, consiguiendo un espesor homogéneo en toda su sección.

La tubería PVC presión **adequa**® se fabrica conforme a la Norma **UNE EN ISO 1452** "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)" de septiembre 2010.

La fábrica dispone de los Certificados:

- Registro de Empresa UNE EN ISO 9001:2008
- Gestión Ambiental UNE EN ISO 14001:2004

El producto dispone de Certificado N° 001/005463 y N° 001/005464 de Marca AENOR de producto.

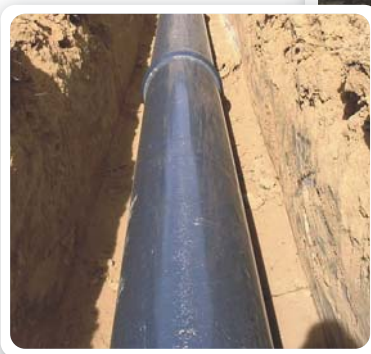


## Composición

Tubos de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado.

## Aplicaciones

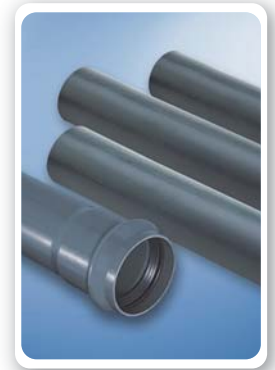
- Conducciones y distribución de agua.
- Conducciones para regadíos.
- Instalaciones agrícolas.
- Conducciones que transporten soluciones ácidas o alcalinas.
- Aplicaciones en industria, saneamiento con presión, construcción, minería, conducción y aislamiento de cables, etc.



# Tubería lisa PVC presión adecuada para abastecimiento

## Ventajas

- Absoluta estanqueidad en presión y en depresión.
- Facilidad y rapidez en el montaje.
- Puesta en marcha inmediata después de su montaje en caso de unión con junta elástica, y en unión encolada respetar el tiempo de fraguado del adhesivo (aprox. 1 hora por atm. de presión de trabajo).
- Facilidad para reparar en instalaciones en uso.
- Menor coste final de la obra terminada.
- Superficie interna totalmente lisa, que evita incrustaciones y reduce las pérdidas de carga.
- La tubería de junta elástica permite una mejor absorción de las contracciones y dilataciones del tubo.



## Gama TUBERÍA PRESIÓN

### Unión elástica

DN 63 mm a DN 630 mm  
Presiones nominales (PN, Atm) 6, 10 y 16

LONG. TOT. (m)	PN6		PN10		PN16	
	DN (mm)	Espesor (mm)	DN (mm)	Espesor (mm)	DN (mm)	Espesor (mm)
6	63	2,0	63	3,0	63	4,7
6	75	2,3	75	3,6	75	5,6
6	90	2,8	90	4,3	90	6,7
6	110	2,7	110	4,2	110	6,6
6	125	3,1	125	4,8	125	7,4
6	140	3,5	140	5,4	140	8,3
6	160	4,0	160	6,2	160	9,5
6	180	4,4	180	6,9	180	10,7
6	200	4,9	200	7,7	200	11,9
6	250	6,2	250	9,6	250	14,8
6	315	7,7	315	12,1	315	18,7
6	400	9,8	400	15,3	400	23,7
6	500	12,3	500	19,1	500	29,7
6	630	15,4	630	24,1		

### Unión encolada

DN 16 mm a DN 315 mm  
Presiones nominales (PN, Atm) 6, 10, 16 y 20

LONG. TOT. (m)	PN6		PN10		PN16		PN20		
	DN (mm)	Espesor (mm)	DN (mm)	Espesor (mm)	DN (mm)	Espesor (mm)	DN (mm)	Espesor (mm)	
5							16	1,5	
5							20	1,9	
5						25	1,9	25	2,3
5						32	2,4		
5	40	1,5	40	1,9	40	3,0			
5	50	1,6	50	2,4	50	3,7			
6	63	2,0	63	3,0	63	4,7			
6	75	2,3	75	3,6	75	5,6			
6	90	2,8	90	4,3	90	6,7			
6	110	2,7	110	4,2	110	6,6			
6	125	3,1	125	4,8					
6	140	3,5	140	5,4					
6	160	4,0	160	6,2					
6	180	4,4	180	6,9					
6	200	4,9	200	7,7					
6	250	6,2	250	9,6					
6	315	7,7	315	12,1					

## Rigidez anular inicial de los tubos

Serie de tubo	S 20 (SDR 41)	S 16,7 (SDR 34,4)	S 12,5 (SDR 26)	S 10 (SDR 21)	S 8 (SDR 17)	S 6,3 (SDR 13,6)	S 5 (SDR 11)
Presión nominal para $d_n \leq 90$	-	PN6	-	PN10	-	PN16	PN20
Presión nominal para $d_n > 90$	PN6	-	PN10	-	PN16	PN20	PN25
Rigidez anular calculada en $kN/m^2$ ( $S_{calc}$ )	3,9	6,7	16	31,3	61	125	250
Rigidez anular nominal SN	4	8	16	32	-	-	-

## Celeridad

PN	Celeridad (m/s)
6	a = 295 m/s
10	a = 380 m/s
16	a = 475 m/s
20	a = 530 m/s

## Color

Gris RAL 7011



## Longitud total

6 metros (para DN 63 a DN 630) y 5 metros (para DN 16 a DN 50).



# y distribución

## Unión entre tubos

### Unión elástica

Se realiza a través de un anillo de goma alojado en la copa del tubo. La junta se suministra montada. Recomendamos que para el perfecto deslizamiento del tubo a través del anillo elástico, se aplique un lubricante especial o jabón neutro. De esta forma se facilitará la ejecución de dicha unión sin producir desplazamiento alguno del anillo elástico.



### Unión encolada

Este tipo de unión se realiza mediante la aplicación de un adhesivo específico para tuberías de PVC-U. Se recomienda que antes de aplicar dicho adhesivo se limpien bien los elementos a unir con un limpiador especial para ello.



## Piezas

- Accesorios de Presión en PVC Serie Junta Elástica
- Accesorios de Presión en PVC Serie Junta Encolada
- Accesorios de Presión en PVC Serie Mixta (Encolar-Roscar)
- Accesorios de Presión en PVC Serie Mixta con Refuerzo Metálico
- Accesorios en Fundición Nodular para Tuberías de PVC



### Presión de servicio y condiciones de trabajo de los accesorios

PN 1,6 MPa (16 bar) a 20°C hasta DN90

PN 1,0 MPa (10 bar) a 20°C a partir de DNI 10

PN 0,4 MPa (4 bar) a 20°C para DN400

## Características mecánicas, físicas y eléctricas

Mecánicas	Unidades	Valor	Norma
Tensión de trabajo $\sigma_s$	MPa	10(dn $\leq$ 90 mm) 12,5(dn $\geq$ 110 mm)	UNE EN ISO 1452
Resistencia al impacto	%TIR	$\leq$ 10	UNE EN 744
Resistencia a la presión interna	°C/h	sin fallo	UNE EN 921
Físicas	Unidades	Valor	Norma
Temperatura de reblandecimiento Vicat	°C	$\geq$ 80	UNE EN 727
Retracción Longitudinal	%	$\leq$ 5	UNE EN ISO 2505
Resistencia al diclometano	-	sin ataque	UNE EN 580
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1.350kg/m <sup>3</sup> $\leq$ $\rho$ $\leq$ 1.460kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183-1
Térmicas	Unidades	Valor	Norma
Coefficiente de dilatación térmica	$\frac{m}{m \cdot ^\circ C}$	$8 \cdot 10^{-5}$	UNE 53126
Conductividad térmica	$\frac{kcal \cdot m}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$	0,13	UNE 92201 UNE 92202
Eléctricas	Unidades	Valor	Norma
Rigidez dieléctrica	kV/mm	35-30	UNE EN 60243-1
Resistividad transversal	$\Omega/cm$	$10^{15}$	-
Constante dieléctrica	-	3,4	-
Temperatura del agua	FACTOR DE CORRECCIÓN que ha de aplicarse a la presión nominal		
0°C a 25°C	1		
25°C a 35°C	0,8		
35°C a 45°C	0,63		

## Instalación - Complementos

### Unión elástica

LUBRICANTE: N° de uniones por kg de lubricante:

DN (mm)	63	75	90	110	125	140	160	180	200	250	315	400	500	630
Uniones/kg.	160	100	87	76	65	54	46	40	34	30	25	17	14	12

### Unión encolada

LIMPIADOR: N° de uniones por litro de limpiador:

DN (mm)	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	250	315	400	500	630
Uniones/l.	800	700	650	600	380	275	185	120	77	61	53	35	30	26	22	16	9	6	3	3

ADHESIVO: N° de uniones por kg de adhesivo:

DN (mm)	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	250	315	400	500	630
Uniones/kg.	550	500	450	400	250	180	120	80	50	35	31	25	20	17	14	10	6	4	2	2

## Instalación - Cambio de alineación. Desviación angular

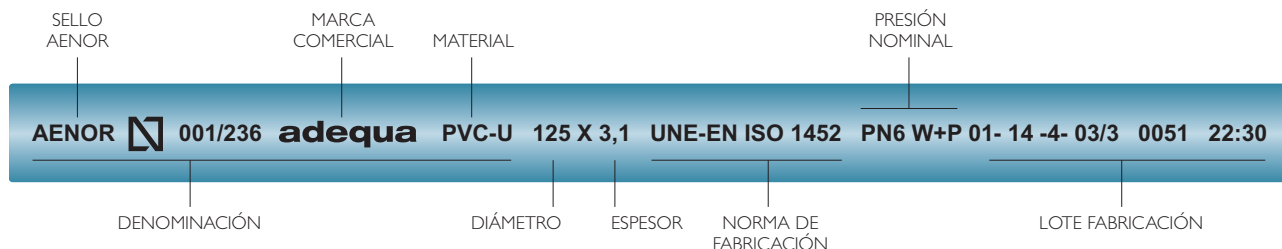
Durante la instalación, la dirección del tubo puede cambiarse en la junta hasta el ángulo máximo indicado por el fabricante. En el caso de Tubos de PVC rígido **adequa**<sup>®</sup>, la desviación angular y el desplazamiento son los siguientes:

Diámetro Nominal DN (mm)	Desviación angular máxima α	Desplazamiento máximo H (mm) (para tubos de 6m de longitud)
63 ≤ DN ≤ 630	1°	104

## Normativa

UNE EN ISO 1452 "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)" de septiembre 2010.

### ESPECIFICACIÓN DE MARCADO



Las tuberías de PVC mejoran la **calidad** de vida.

Las redes de tuberías y accesorios de PVC ofrecen soluciones **sostenibles** para la gestión del **Ciclo Integral del Agua**.

Ahorro energético en el ciclo de vida del producto.



SAC Adequa Infraestructuras

Tel. 902 188 189

Fax 902 003 713

adequa.infraestructuras@uralita.com

www.adequa-tuberias.com

### Electrobombas centrífugas monobloc biturbina



STD 160T

#### Aplicaciones

Para usos domésticos, así como para aplicaciones civiles, agrícolas e industriales. Para agua limpia sin elementos o aditivos que puedan perjudicar los materiales de la bomba. Temperatura máxima del líquido 90°C. Presión máxima de servicio 11 bar.

#### Construcción

**Bomba.** Cuerpo de bomba en hierro de fundición gris; rodetes en aleación de latón.

**Motor.** A inducción de 2 polos, 50hz. (n=2900rpm)

Trifásico 230/400 V±10%.

Monofásico 230 V±10%, con termoprotector. Aislamiento en clase F. Protección IP 54.

Se puede suministrar con calderín 24 o 50 litros. o con regulador de presión Flumatic, Flucontrol, Variache y Varivip según potencia y tensión.

#### Prestaciones y características

Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	Kw	HP		0	1,5	3	6	9	12	15	18	24	30
STD 100/1T	0,75	1	m.c.a.	44	41	37							
STD 100/1M	0,75	1		44	41	37							
STD 160T	1,10	1,5		55	52	49	35						
STD 160M	1,10	1,5		55	52	49	35						
STD 210T	1,5	2		58	56	54	40						
STD 210M	1,5	2		58	56	54	40						
STD 310T	2,20	3		64	62	60	54	45					

Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	Kw	HP		0	1,5	3	6	9	12	15	18	24	30
STD 400T	3	4	m.c.a.	72	70	68	60	52	39				
STD 550T	4	5,5		88	86	84	77	68	56				

Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	Kw	HP		0	1,5	3	6	9	12	15	18	24	30
STD 750T	5,5	7,5	m.c.a.	71	70,9	70,7	70,5	69	67	63,5	60	50	35
STD 1000T	7,5	10		87	86	85,5	85	83	81	77,5	75	65	51
STD 1250T	9,2	12,5		93,5	93,4	93,3	93	92	90	87	82	71	58
STD 1500T	11	15		96	95,9	95,8	95,5	94,5	92,5	89,5	85,5	76,5	65

M: Monofásico T: Trifásico  
Dimensiones en página: 188



# AFUMEX CLASS 750 V (AS) H07Z1-K TYPE 2 (AS)



ECOLÓGICO

Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)



## CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA  
 EN 60332-1-2  
 IEC 60332-1-2



NO PROPAGACIÓN DEL INCENDIO  
 EN 50399  
 EN 60332-3-24  
 IEC 60332-3-24



LIBRE DE HALÓGENOS  
 EN 60754-2  
 EN 60754-1  
 IEC 60754-2  
 IEC 60754-1



Cca-s1b,d1,a1



DESCÁRGATE la DoP (Declaración de Prestaciones) en este código QR.  
[www.prysmianclub.es/cprblog/DoP](http://www.prysmianclub.es/cprblog/DoP)

N° DoP 1003887



REDUCIDA EMISIÓN DE GASES TÓXICOS  
 EN 60754-2  
 NFC 20454  
 DEF-STAN 02-713



BAJA EMISIÓN DE HUMOS  
 EN 50399



BAJA OPACIDAD DE HUMOS  
 EN 61034-2  
 IEC 61034-2



RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DEL AGUA



RESISTENCIA AL FRÍO



CABLE FLEXIBLE



ALTA SEGURIDAD



ULTRA DESLIZANTE



NULA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS  
 EN 60754-2  
 IEC 60754-2  
 NFC 20453



BAJA EMISIÓN DE CALOR  
 EN 50399



REDUCIDO DESPRENDIMIENTO DE GOTAS/PARTÍCULAS INFLAMADAS  
 EN 50399



### MÁXIMA DESLIZABILIDAD

Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Tensión asignada: 300/500 V [ES05Z1-K TYPE 2 (AS)] hasta 1 mm<sup>2</sup> y 450/750 [H07Z1-K TYPE 2 (AS)] desde 1,5 mm<sup>2</sup>.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para ES05Z1-K TYPE 2 (AS) y 2500 V para H07Z1-K TYPE 2 (AS)

#### Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): Cca-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: EN 60332-1-2; EN 50399; EN 60754-2; EN 61034-2.

#### Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio: EN 50399; EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos: EN 60754-2; EN 60754-1; IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos: EN 50399.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor: EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas: EN 50399.

## CONSTRUCCIÓN

### CONDUCTOR

**Metal:** cobre electrolítico recocido.

**Flexibilidad:** flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

### AISLAMIENTO

**Materia:** mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.

**Colores:** Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

## APLICACIONES

- Cable extradeslizante especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.
- En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles ferroviarios y de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
- En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable como por ejemplo: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios, etc. o donde se requieran las mejores

propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.

- Derivaciones individuales (ITC-BT 15).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28)
- Cableado interior de cuadros (ITC-BT 28).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (**adecuadamente canalizado**) (ITC-BT 29).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

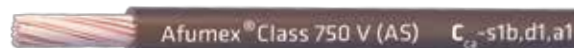
# AFUMEX CLASS 750 V (AS)

## H07Z1-K TYPE 2 (AS)



ECOLÓGICO

Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)



### DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm <sup>2</sup>	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR mm (1)	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C Ω /km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2)	
						cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	3,4	20	13,3	14,5	28,84	23,22
1 x 2,5	0,8	4,1	32	7,98	20	17,66	14,25
1 x 4	0,8	4,8	46	4,95	26	10,99	8,91
1 x 6	0,8	5,3	65	3,30	34	7,34	5,99
1 x 10	1,0	6,8	111	1,91	46	4,36	3,59
1 x 16	1,0	8,1	164	1,21	63	2,74	2,29
1 x 25	1,2	10,2	255	0,78	82	1,73	1,48
1 x 35	1,2	11,7	351	0,554	101	1,25	1,09
1 x 50	1,4	13,9	520	0,386	122	0,92	0,84
1 x 70	1,4	16	700	0,272	155	0,64	0,61
1 x 95	1,6	18,2	920	0,206	187	0,46	0,46
1 x 120	1,6	20,2	1130	0,161	216	0,36	0,38
1 x 150	1,8	22,5	1410	0,127	247	0,29	0,33
1 x 185	2,0	20,6	1770	0,106	281	0,26	0,28
1 x 240	2,2	28,4	2300	0,0801	330	0,18	0,24

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.

→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.



CPR  
CONSTRUCTION  
PRODUCT  
REGULATION  
E<sub>ca</sub>

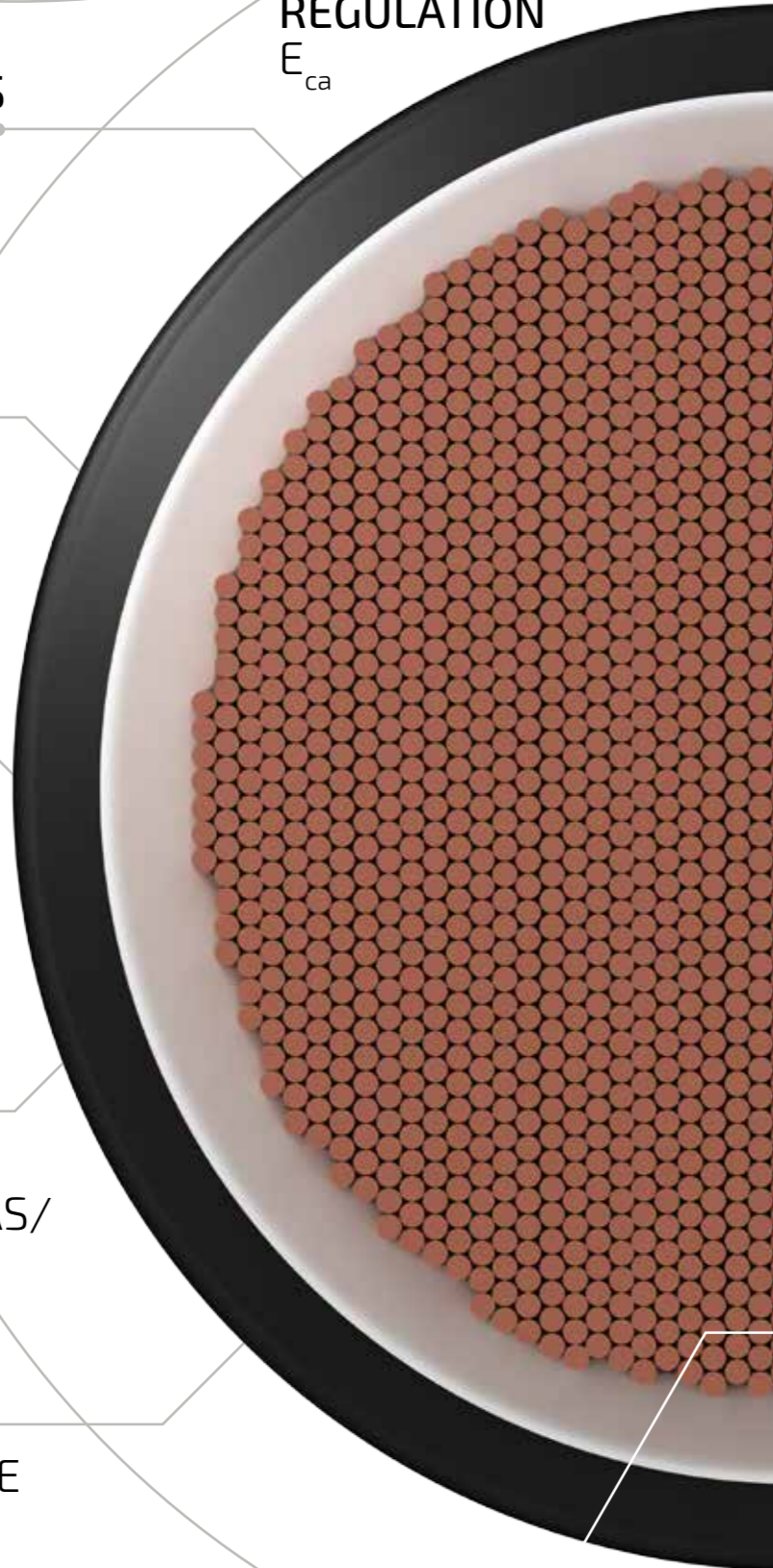
**CABLES INDUSTRIALES**  
IEC 60502-1  
UNE 21123-2  
0,6 /1kV

**XLPE**  
90 °C

**FLEXIBLE**  
CLASE 5  
IEC 60228

**CERTIFICADOS**  
AENOR/BUREAU VERITAS/  
SEC/CB/CE MARK

**DISPONIBLE**  
EN STOCK



## TOP CABLE

Una de las marcas líderes  
en la fabricación de cables eléctricos



**Top Cable S.A.**  
C/ Leonardo da Vinci, 1  
08191 Rubí (Barcelona)  
Tel 93 588 09 11  
93 588 28 00

**Top Cable Levante**  
C/ Camino de las eras 500  
46470 Catarroja (Valencia)  
Tel 96 126 15 15

**Top Cable Centro**  
C/ Cigüeñas, 8  
Pol Ind. El Cascajal  
28320 Pinto (Madrid)  
Tel 91 895 52 00

**Top Cable Chile**  
Av. José Manuel Guzmán Riesco 1332  
Centro Empresarial ENEA  
Pudahuel · Santiago de Chile  
Tel 56 229478000  
56 229478080

ventas@topcable.com  
[www.topcable.com/es/cables-baja-tension/potencia/RV-K/](http://www.topcable.com/es/cables-baja-tension/potencia/RV-K/)



## POWERFLEX RV-K

Cables **flexibles** de potencia  
para **instalaciones industriales**



# Powerflex RV-K

Cables flexibles de potencia  
para instalaciones industriales

Desarrollado  
para satisfacer  
los requisitos  
industriales  
más exigentes

El aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) hace que los cables Powerflex RV-K estén diseñados para cumplir con los requisitos industriales más exigentes: flexibilidad, máximo rendimiento eléctrico en ambientes secos y húmedos, máxima resistencia a temperaturas máximas y mínimas, y a los ataques químicos. Estas características garantizan una mayor vida útil de la instalación eléctrica.



## NORMAS Y CERTIFICACIONES

El cable Powerflex RV-K es un cable de 0,6/1 kV conforme a la norma internacional IEC 60502-1 / UNE 21123-2. El cable está certificado por Aenor, Bureau Veritas, SEC y CB.



## MÁXIMA TEMPERATURA DE SERVICIO: 90°C

El aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) permite una temperatura máxima del conductor de 90°C (comparado con 70°C en los cables tipo aislados con PVC).



## MÍNIMA TEMPERATURA DE SERVICIO: -40°C

Powerflex RV-K está diseñado para funcionar de forma fiable incluso a -40°C en instalaciones fijas. (En comparación con -15°C en los cables más comúnmente utilizados.)



## FLEXIBILIDAD

El uso de conductores de cobre flexible clase 5 y compuestos flexibles confieren al cable Powerflex RV-K una flexibilidad extrema. Además, los conductores flexibles de cobre no se resquebrajan frente a la vibración.



## RENDIMIENTO ELÉCTRICO

Gracias al diseño de sus materiales, el cable Powerflex RV-K puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales, como: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua.



## CAPACIDAD DE SOBRECARGA

Los cables Powerflex RV-K soportan temperaturas de cortocircuito hasta 250°C, mucho más altas que los cables aislados con PVC (que soportan sólo 160 °C), para una misma sección de cable.



## PRESTACIONES FRENTE AL FUEGO

El cable Powerflex es no propagador de la llama, cumpliendo con los requisitos de las pruebas de combustión de la norma IEC 60332-1 y UNE-EN 60332-1.



## RESISTENCIA QUÍMICA

La cubierta exterior de PVC especial proporciona una excelente protección contra sustancias ácidas y bases alcalinas.



## RESISTENCIA A LA INTEMPERIE

La cubierta exterior de PVC especial, protegida contra rayos UV, también proporciona una excelente resistencia a la intemperie y permite su instalación al aire libre, sin que perjudique la vida útil del cable.



## INMERSIÓN EN AGUA

El cable Powerflex RV-K soporta entornos húmedos incluyendo la total inmersión en agua (AD7), soportando también agua caliente. Por otro lado, los conductores de cobre soportan la humedad mucho mejor que cualquier otro conductor.



## MARCADO METRO A METRO

El marcado metro a metro (desde el fin del metroje al inicio) facilita su manejo en las instalaciones y una mejor gestión de las existencias.



## RENTABLE

El cable Powerflex RV-K no sólo supera las características de rendimiento requeridas en los mercados industriales de hoy en día, sino que lo hace de una manera rentable, ya que su instalación requiere menos tiempo y mano de obra. Además, tiene una capacidad de corriente mayor que los cables estándar de 70°C.



DESIGNACIÓN	POWERFLEX RV-K
VOLTAJE	0,6/1kV
CONDUCTOR	Clase 5 (flexible)
AISLAMIENTO	XLPE
CUBIERTA	PVC (flexible)
COLOR DE LA CUBIERTA	Negro
MAX TEMPERATURA SERVICIO	90°C
MIN TEMPERATURA SERVICIO	-40°C estático con protección
TEMPERATURA CORTOCIRCUITO	250°C (5s)
PRESTACIONES FRENTE AL FUEGO	No propagador de la llama
ESTÁNDAR	IEC 60502-1



# POWERFLEX RV-K

Cable flexible de potencia para uso industrial.

IEC 60502-1 - UNE 21123-2

## DISEÑO

### Conductor

Cobre electrolítico, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

### Aislamiento

Polietileno reticulado (XLPE).

La identificación normalizada de los conductores aislados es la siguiente:

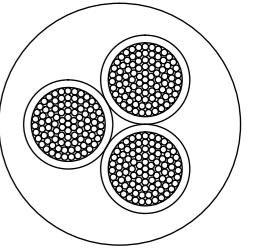
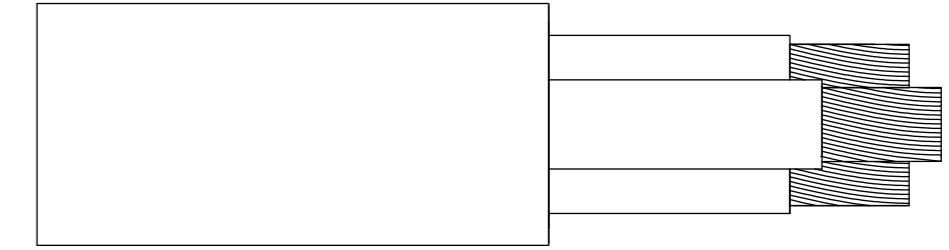
1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
3 x	Marrón + Negro + Gris
3 x + 1 x	Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
4 x	Marrón + Negro + Gris + Azul
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde

### Cubierta

PVC flexible de color negro.

## APLICACIONES

El cable Powerflex RV-K es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes: conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios, etc. Su flexibilidad lo hace particularmente adecuado en trazados difíciles. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua (AD7), sin que perjudique la vida útil del cable.



### Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 0,6/1kV



### Norma de referencia

IEC 60502-1 - UNE 21123-2



### ITC y certificaciones

ITC: 9/20/30/31

Certificados:

CE  
SEC  
BUREAU VERITAS  
AENOR  
RoHS  
KEMA-KEUR



E<sub>ca</sub>



### Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 90°C.  
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)  
Temp. mínima de servicio: -40°C (estático con protección).



### Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.  
Reducida emisión de halógenos. Cloro < 15%.  
Reacción al fuego CPR, E<sub>ca</sub> según la norma EN 50575



### Características mecánicas

Radio de curvatura: 5 x diámetro exterior  
Resistencia a los impactos: AG2 Medio



### Características químicas

Resistencia a los ataques químicos: Buena  
Resistencia a los rayos ultravioleta: UNE 211605.



### Presencia de agua

Presencia de agua: AD7 Inmersión



### Otros

Marcaje: metro a metro



### Condiciones de instalación

Al aire.  
Enterrado.  
Entubado.



### Aplicaciones

Uso industrial  
Alumbrado exterior.



### Embalaje

Disponibles en rollos de 100m -con film retractilado- y bobinas.

## DIMENSIONES

Sección (mm2)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 1,5	5,7	45	23	22	29,5
1 x 2,5	6,2	55	29	29	17,7
1 x 4	6,7	70	40	37	11
1 x 6	7,3	90	53	46	7,32
1 x 10	8,2	135	74	61	4,23
1 x 16	9,2	190	101	79	2,68
1 x 25	11	285	135	101	1,73
1 x 35	12,1	385	169	122	1,23
1 x 50	13,8	520	207	144	0,86
1 x 70	15,7	715	268	178	0,603
1 x 95	17,6	925	328	211	0,457
1 x 120	19,2	1.165	383	240	0,357
1 x 150	21,5	1.450	444	271	0,286
1 x 185	23,9	1.750	510	304	0,235
1 x 240	26,9	2.280	607	351	0,178
1 x 300	29,6	2.830	703	396	0,142
1 x 400	33,8	3.735	823	464	0,108
1 x 500	37,4	4.780	946	525	0,085
1 x 630	42,7	6.280	1.088	596	0,064
2 x 1,5	8,2	90	26	26	34
2 x 2,5	9,2	120	36	34	20,4
2 x 4	10,3	165	49	44	12,7
2 x 6	11,3	215	63	56	8,45
2 x 10	13,2	320	86	73	4,89
2 x 16	14,9	450	115	95	3,1
2 x 25	20,8	810	149	121	1,99
2 x 35	22	1.000	185	146	1,42
2 x 50	25,7	1.375	225	173	0,99
2 x 70	29,5	1.880	289	213	0,694
3 G 1,5	8,9	110	26	26	34
3 G 2,5	9,8	145	36	34	20,4
3 G 4	11	200	49	44	12,7
3 G 6	12,1	265	63	56	8,45
3 G 10	14,3	405	86	73	4,89
3 x 16	16,4	595	100	79	2,68
3 x 25	20,7	955	127	101	1,73
3 x 35	23,1	1.275	158	122	1,23
3 x 50	26,8	1.750	192	144	0,86
3 x 70	29,6	2.370	246	178	0,603
3 x 95	35	3.140	298	211	0,457
3 x 120	39,8	4.115	346	240	0,357
3 x 150	44,7	5.130	399	271	0,286

Sección (mm2)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
3 x 185	49,9	6.285	456	304	0,235
3x16+1x10	17,6	700	100	79	2,68
3x25+1x16	22,7	1.140	127	101	1,73
3x35+1x16	25	1.480	158	122	1,23
3x50+1x25	29,1	2.050	192	144	0,86
3x70+1x35	33,8	2.850	246	178	0,603
3x95+1x50	38,2	3.700	298	211	0,457
3x120+1x70	42,1	4.750	346	240	0,357
3x150+1x70	46,8	5.800	399	271	0,286
3x185+1x95	53,5	7.200	456	304	0,235
3x240+1x120	58,5	9.100	538	351	0,178
3 x 300	62,3	10.100	621	396	0,142
4 G 1,5	9,7	130	23	22	29,5
4 G 2,5	10,7	175	32	29	17,7
4 G 4	12	245	42	37	11
4 G 6	13,4	330	54	46	7,32
4 G 10	15,7	505	75	61	4,23
4 x 16	18,2	750	100	79	2,68
4 x 25	24,1	1.245	127	101	1,73
4 x 35	26,3	1.675	158	122	1,23
4 x 50	31,3	2.315	192	144	0,86
4 x 70	36,1	3.205	246	178	0,603
4 x 95	40,2	4.130	298	211	0,457
4 x 120	44,6	5.245	346	240	0,357
4 x 150	49,8	6.575	399	271	0,286
4 x 185	56,1	8.050	456	304	0,235
4 x 240	64,5	10.695	538	351	0,178
5 G 1,5	10,4	155	23	22	29,5
5 G 2,5	11,6	215	32	29	17,7
5 G 4	13,2	300	42	37	11
5 G 6	14,7	405	54	46	7,32
5 G 10	17,1	625	75	61	4,23
5 G 16	20,2	935	100	79	2,68
5 G 25	26,6	1.555	127	101	1,73
5 G 35	29,3	2.080	158	122	1,23
5 G 50	34,5	2.895	192	144	0,86
5 G 70	38,7	3.930	246	178	0,603
5 G 95	44,6	5.190	298	211	0,457
5 G 120	49,7	6.560	346	240	0,357
5 G 150	55,6	8.145	399	271	0,286
5 G 185	62,5	9.975	456	304	0,235
5 G 240	71,8	13.210	538	351	0,178

Intensidades máximas admisibles según IEC 60364-5-52.  
Para otras condiciones de instalación, consultar factores de corrección en el anexo de este catálogo.  
Consulte más datos técnicos en la especificación particular del cable y en la Declaración de Prestaciones (DoP).  
Top Cable se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación de esta ficha técnica sin previo aviso.

Para más información: ventas@topcable.com



# **FRENIC** **SOLAR** **Ace**

**El gran especialista en bombeo solar**



## Gama de producto

**FRENIC SOLAR** **Ace**

El gran especialista en bombeo solar



	0.4 kW	0.75 kW	1.5 kW	2.2 kW	3.7 kW	5.5 kW	7.5 kW	11 kW	15 kW	18.5 kW	22 kW	30 kW	280 kW*2
Monofásico 200 V	●	●	●	●									
Trifásico 200 V	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Trifásico 400 V*1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Toda la gama de producto está disponible con filtro CEM (alimentación CA) integrado excepto 7.5 kW a 18.5 kW.

\*1Para potencias < 90 kW, consultar solución.

\*2Para potencias superiores a 280 kW, consultar disponibilidad.

## ¿Por qué el bombeo solar?

- Supone un **ahorro** importante y los **costes** son **estables** y conocidos
- Proporciona **independencia energética**
- Alta **fiabilidad** y larga vida útil
- Funcionamiento **silencioso** y **automático**
- Fácil capacidad de **ampliación**
- **Mantenimiento mínimo**
- **Simple** de instalar y **fácil** de poner en marcha.



## Funciones específicas de bombeo solar



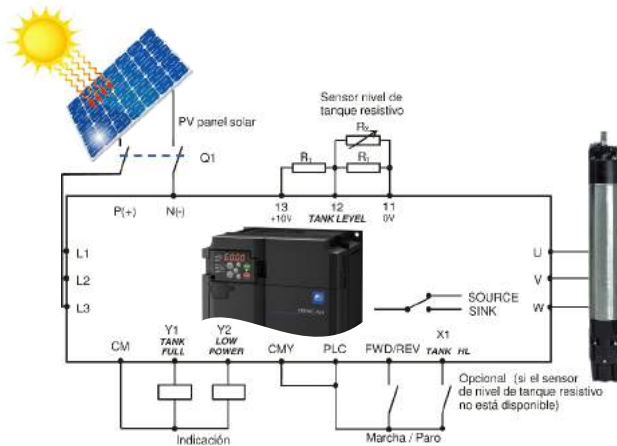
- **Función de cálculo de punto de funcionamiento óptimo.**  
En cada arranque el variador determina el punto de funcionamiento óptimo en función de las condiciones ambientales del momento.
- **Criterio de arranque por tensión del panel FV y retardo.**  
El variador no se pondrá en marcha si la tensión del panel FV es demasiado baja. También se aplica un retardo de tiempo (espera).
- **Criterios de parada seleccionables por frecuencia o potencia.**
- **Función de detección de pozo seco.**  
Detecta que la bomba no está impulsando agua.
- **Permite controlar motores asíncronos y de imanes permanentes.**
- **Función de bajo consumo.**  
Indica que la potencia de salida es baja, por ejemplo, debido al polvo en los paneles solares fotovoltaicos.
- **Función MPPT.**  
Durante el funcionamiento busca el punto de trabajo que ofrece la máxima potencia. Las condiciones (principalmente temperatura y irradiancia) cambiarán durante el funcionamiento.
- **Detección de cambios bruscos en las condiciones (principalmente irradiancia).**  
Detecta un cambio repentino en las condiciones de funcionamiento y cambia el punto de trabajo en consecuencia.
- **Dos juegos de ganancias de PID.**  
El controlador PID responde con mayor o menor rapidez dependiendo del cambio de condiciones de funcionamiento.
- **Detección de nivel máximo de agua en el depósito.**  
Si el nivel del depósito alcanza el nivel máximo, la bomba se detendrá.

## Especificaciones generales

	Motor 400 V	Motor 200 V
Voltaje máximo de entrada (Voc)	800 VCC	360 VCC
Voltaje mínimo de entrada (VMPP)	400 VCC	180 VCC
Voltaje recomendado CC	550 – 620 VCC	280 – 330 VCC
Voltaje nominal de entrada CA	Trifásico 380 - 480 VCA; 50/60 Hz	Trifásico 200 - 240 VCA; 50/60 Hz
Voltaje nominal de salida CA	Trifásico 400 VCA	Trifásico 200 VCA
Frecuencia de salida	0 – 400 Hz	
Eficiencia (variador de frecuencia)	97 – 98 %	
Rango temperatura ambiente	-10 a 50 °C	
Ventilación	Natural / Mediante ventilador interno	
Potencia de entrada recomendada	1.2 veces la capacidad de la bomba (mínimo)	
Garantía	3 años	
Filtro CEM* / Salida motor	Incorporado / Opcional (a partir de distancias superiores a 50 m)	

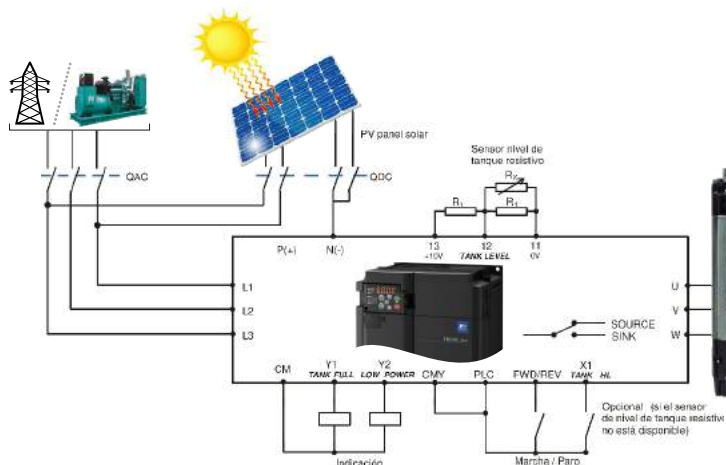
\* Para mayor información sobre los filtros CEM (CA / CC), contacte con Fuji Electric.

## Tipos de bombeo solar



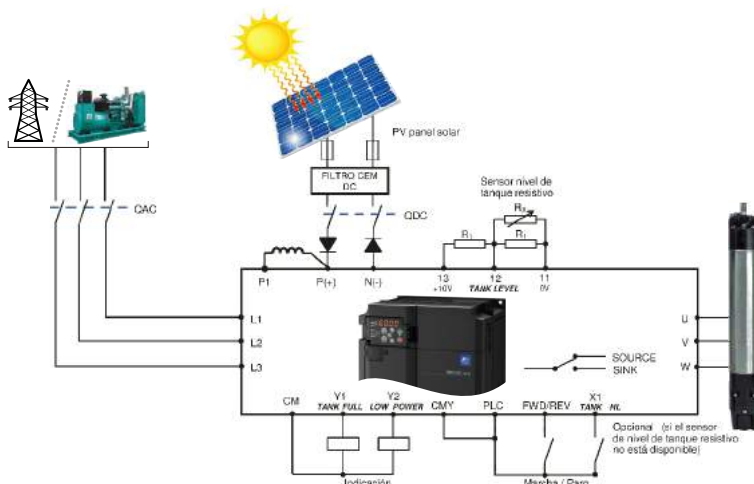
### 1. Bombeo solar con alimentación fotovoltaica aislada.

El equipo se alimenta exclusivamente con energía solar fotovoltaica. Sistema muy sencillo, económico y autónomo.



### 2. Bombeo solar con alimentación conmutada. (red eléctrica o generador diesel).

El equipo puede ser alimentado no sólo en CC, mediante paneles fotovoltaicos, sino también en CA con alimentación de red y/o generador diesel, conmutando según las condiciones de operación. Para realizar el cambio de alimentación, es necesario un automatismo de conmutación externo y seguro.



### 3. Bombeo solar con alimentación asistida (red eléctrica o generador diesel).

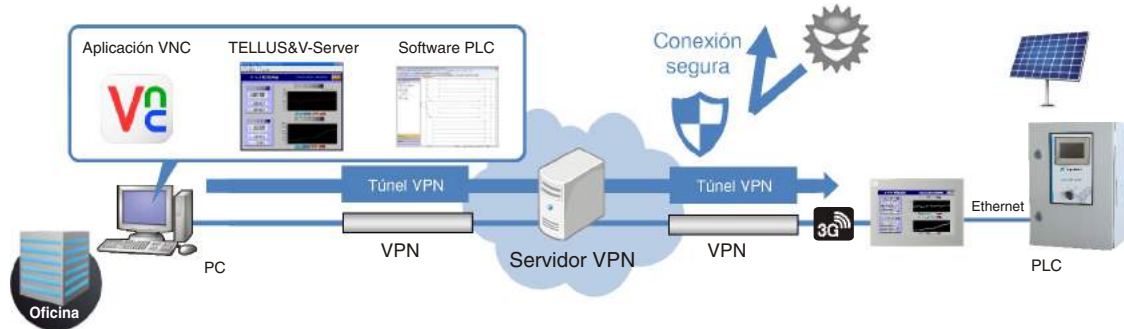
El equipo permite estar alimentado simultáneamente en CA (red o generador) y CC (panel FV). En caso de insuficiente energía solar, el equipo consumirá la energía necesaria de la red o generador diesel conectado. Especialmente recomendado para riegos intensivos.

# Opciones

## Terminales de operador

### Conexión remota VPN

Es posible el control y la monitorización de la aplicación gracias a la función VPN que está integrada en la V9.



## Teclado multifunción

Múltiples idiomas:  
19 idiomas + uno programable por el cliente



## Rango de potencias y dimensiones



Motor [kW]	Rango [400 V - 3ph]		Rango [200 V - 3ph]		Rango [200 V - 1ph]		Dimensiones (mm)			
	HND	Modelo	I. Nom. [A]	Modelo	I. Nom. [A]	Modelo	I. Nom. [A]	W	H	D
0.4				FRN002E2S-2*	2	FRN003E2S-7	3	68	127	85*/107
0.75	FRN002E2E-4**	1.8	FRN004E2E-2*	3.5	FRN005E2E-7	5	110/68*	130/127*	162**/127*/129	
1.1	FRN004E2E-4**	3.4	FRN006E2E-2	6			110**/68	130**/127	186**/152	
1.5					FRN008E2E-7	8	140	130	199	
2.2	FRN006E2E-4	5	FRN010E2E-2	9.6	FRN011E2E-7	11	140	130	199	
3.0	FRN007E2E-4	6.3	FRN012E2E-2	12			140	130	199	
4	FRN012E2E-4	11.1	FRN020E2E-2	19.6			140	130	199	
5.5	FRN012E2E-4	11.1	FRN020E2E-2	19.6			140	130	199	
7.5	FRN022E2E-4	17.5	FRN030E2E-2	30			181.5	285	208	
11	FRN029E2E-4	23	FRN040E2E-2	40			181.5	285	208	
15	FRN037E2E-4	31	FRN056E2E-2	56			220	332	245	
18.5	FRN044E2E-4	38	FRN069E2E-2	69			220	332	245	
22	FRN059E2E-4	45	FRN088E2E-2	88			250	400	195	
30	FRN072E2E-4	60	FRN115E2E-2	115			250	400	195	
37	FRN085E2E-4	75					326.2	550	261	
45	FRN105E2E-4	91					326.2	550	261	
55	FRN139E2E-4	112					361.2	615	276	
75	FRN168E2E-4	150					361.2	675	276	
90	FRN203E2E-4	176					361.2	740	276	
110	FRN240E2E-4	210					536.4	740	321	
132	FRN290E2E-4	253					536.4	740	321	
160	FRN361E2E-4	304					536.4	1000	366	
200	FRN415E2E-4	377					536.4	1000	366	
220	FRN520E2E-4	415					686.4	1000	366	
280	FRN590E2E-4	520					686.4	1000	366	

**FE Fuji Electric**  
Innovating Energy Technology

Fuji Electric Europe GmbH

Ronda Can Fatjó 5, Edifici D, Local B · Parc Tecnològic del Vallès · 08290 Cerdanyola (Barcelona)  
Tel: +34 93 582 43 33 · Fax: +34 93 582 43 44 · info.spain@fujielctric-europe.com  
www.fujielctric-europe.com

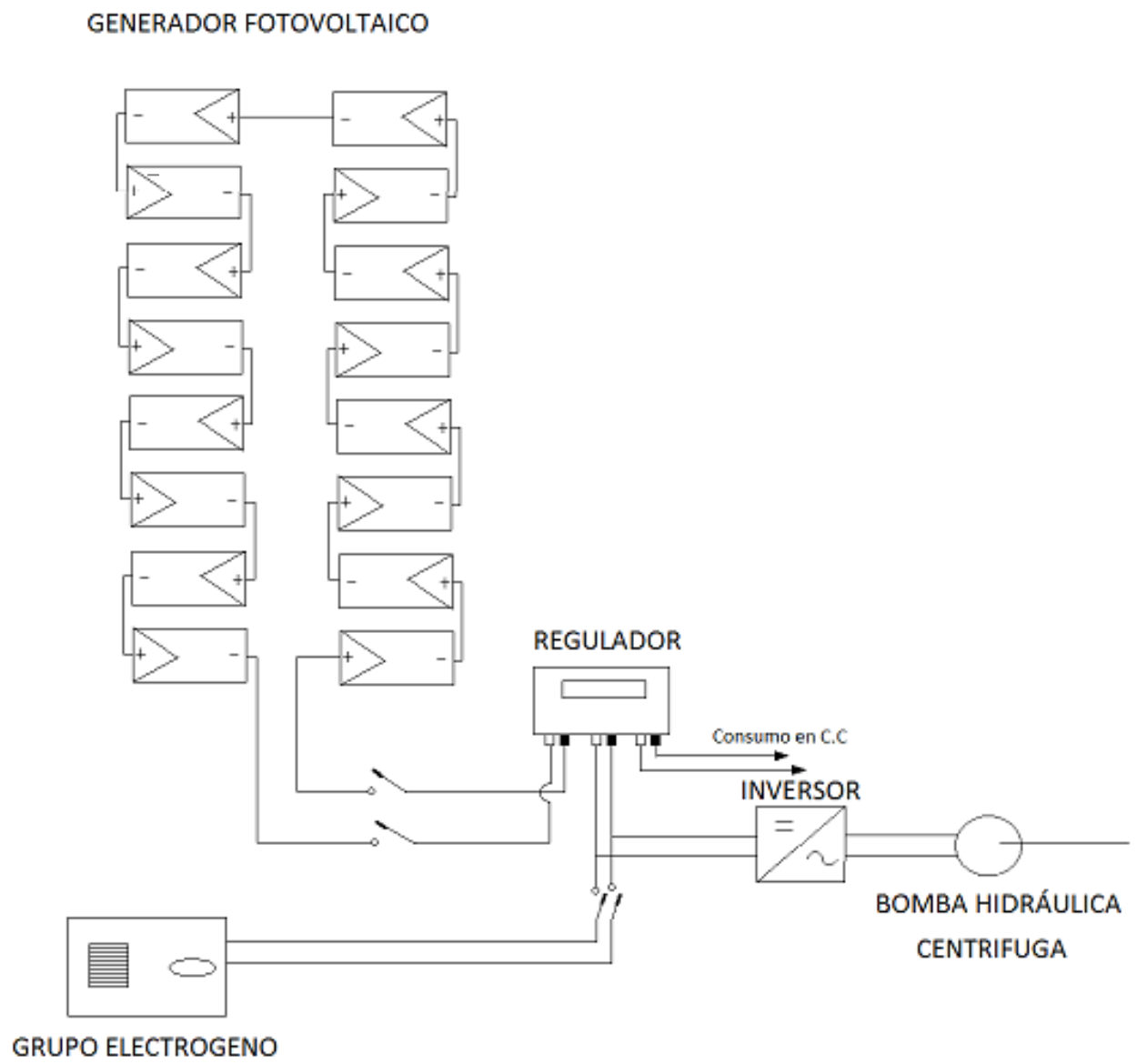


## ANEXO III

### ESQUEMAS Y DISEÑO DE DETALLE

# Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

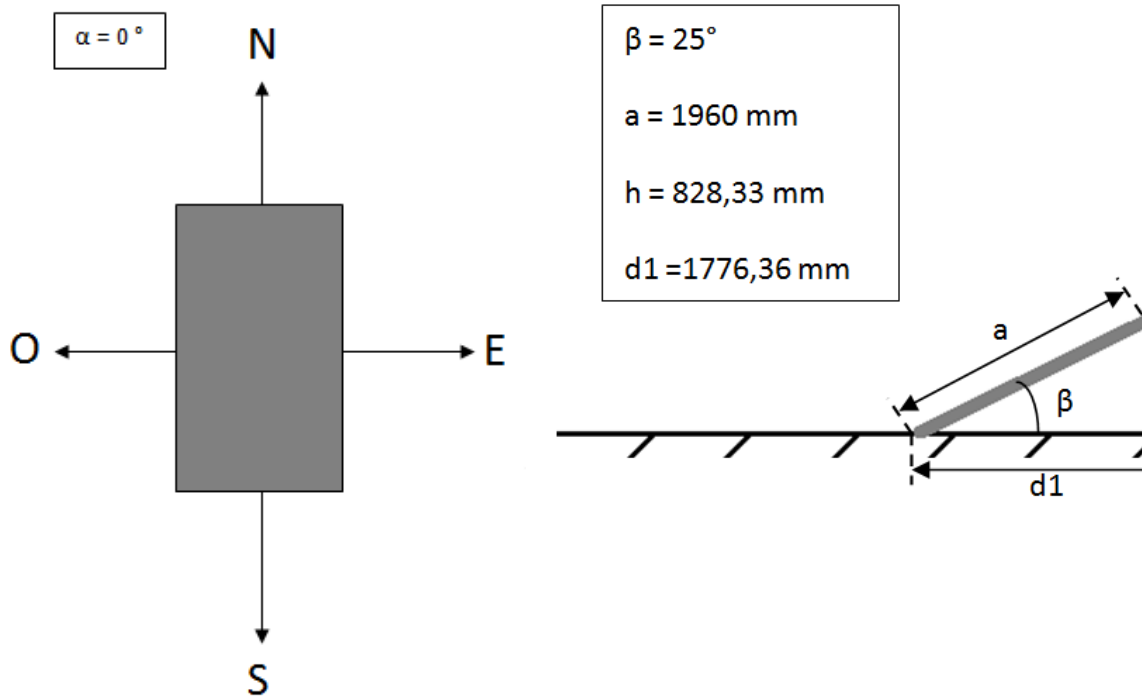
## Esquema básico de la instalación fotovoltaica



## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

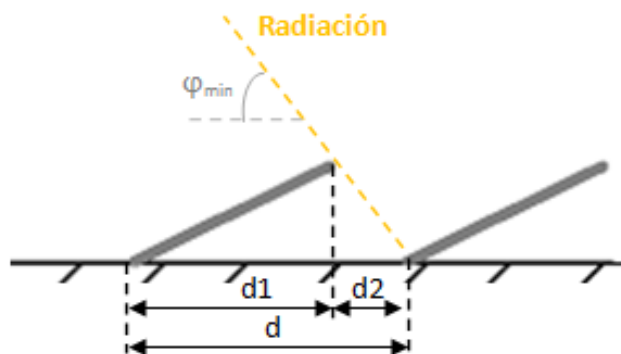
### Esquema de la orientación e inclinación de los módulos.

Los módulos se situarán verticalmente, en dos filas compuestas por ocho paneles cada una.



Para determinar la distancia óptima entre paneles, se deberá de asegurar que los paneles no produzcan sombras unos en otros. Según la estacionalidad en la que se haga uso de los paneles se deberá de usar una expresión u otra.

En este proyecto los paneles trabajarán en verano, es por eso que el día más crítico será el 21 de marzo o septiembre. Dónde la altura solar mínima al mediodía solar ( $\varphi_{\min}$ ) es función de la latitud y vendrá dada por la expresión  $\varphi_{\min} = (90^\circ - \phi) = (90^\circ - 42^\circ) = 48^\circ$ .



## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia

$$\tan \varphi = \frac{h}{d2} = \frac{a * \sin \beta}{d - a * \cos \beta}$$

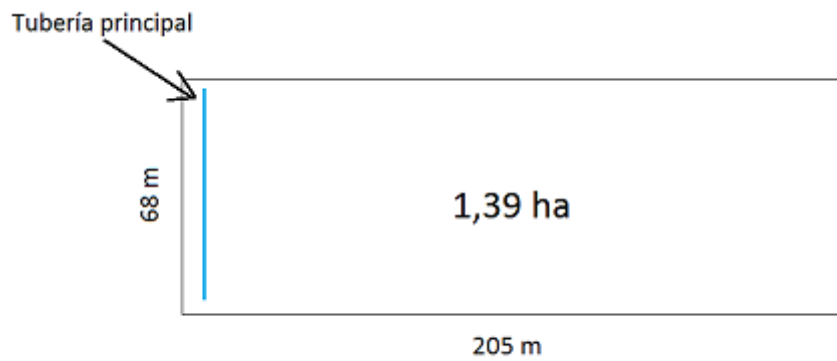
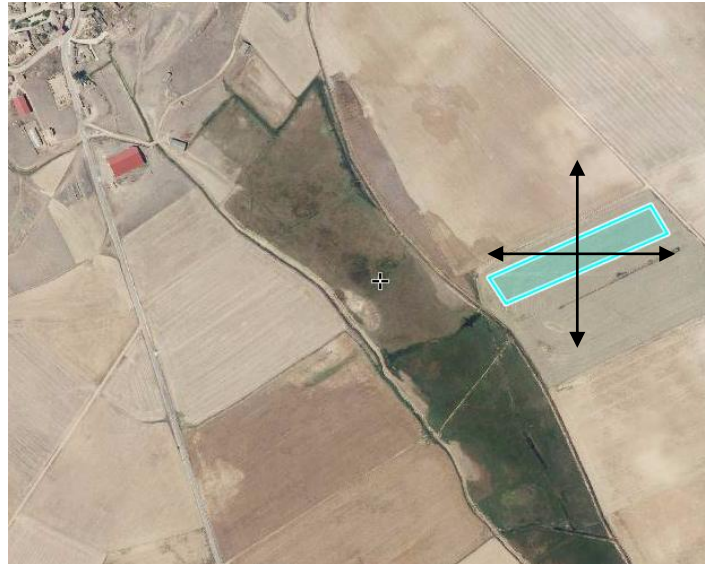
Despejando la distancia mínima (d), obtenemos la siguiente expresión

$$d = a * \cos \beta + \frac{a * \sin \beta}{\tan \varphi}$$

$$d = 1960 * \cos 25 + \frac{1960 * \sin 25}{\tan 48} = 2522,196 \text{ mm} = 2,522 \text{ m}$$

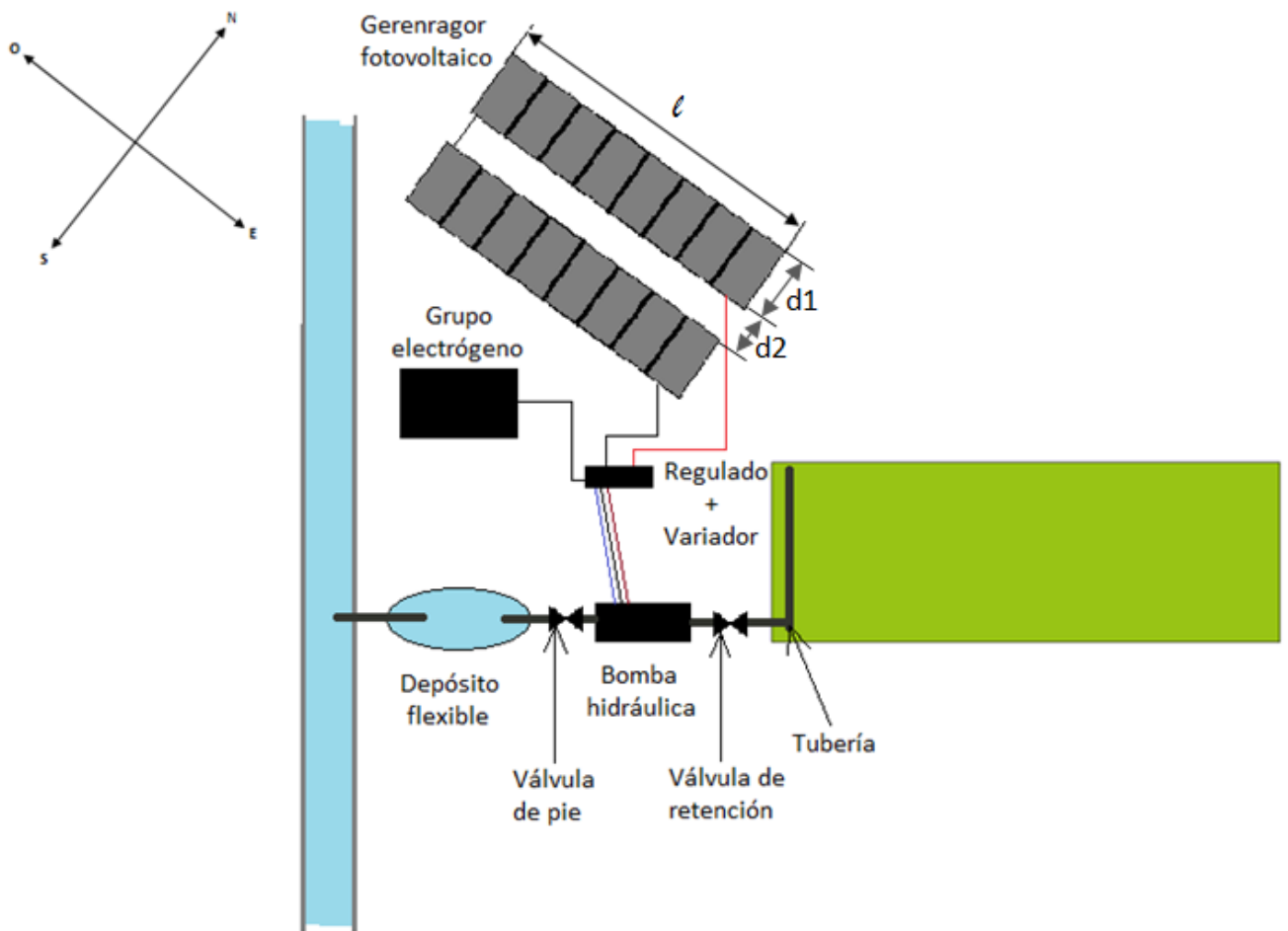
$$d2 = \frac{h}{\tan \varphi} = \frac{828,33}{\tan 48} = 745,83 \text{ mm} = 0,746 \text{ m}$$

### Esquema del terreno





## Instalación fotovoltaica para riego de cultivo en Palencia



Teniendo en cuenta las dimensiones de nuestros módulos 992mm x 1960mm (incluido el marco de 25 mm), podremos obtener el valor de  $l$ .

$$l = 992 * 8 = 7936 \text{ mm} = 7,936 \text{ m}$$