



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BOMBEO  
FOTOVOLTAICA PARA LA COMUNIDAD DE REGANTES  
DE LAS CUEVAS

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial (Acceso desde Grado  
I. Electrónica Industrial y Automática)

AUTOR/A: García Negral, Alfonso

Tutor/a: Jiménez Bello, Miguel Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BOMBEO FOTOVOLTAICA PARA LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LAS CUEVAS

Autor: Alfonso García Negral

**Curso académico 2022-23**

Tutor: Miguel Ángel Jiménez Bello

Agradecimientos

En primer lugar, quería agradecer a mi tutor Miguel Ángel Jiménez Bello y a todo su departamento el trabajo y dedicación que han tenido ya que sin ellos este trabajo no hubiera sido posible.

Por otro lado, quería agradecer a Miguel Ángel la paciencia y dedicación que ha tenido a la hora de irme guiando durante el desarrollo de este trabajo además de todos los conocimientos que me ha enseñado acerca de la energía fotovoltaica y de la georreferenciación.

También agradecer a mis compañeros del máster los cuales me han ido resolviendo dudas puntuales sobre el trabajo de fin de máster, además de a mi familia por estar apoyándome en todo momento.

RESUMEN

En el presente documento se describen los criterios de dimensionado y de cálculo para estudiar la viabilidad económica de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas en Utiel.

El proyecto contempla la recopilación de la información catastral con los datos de los cultivos de las parcelas, las características de la instalación de riego con todos sus componentes (balsas, bombas, tuberías y puntos de consumos), los nudos de consumo y los consumos hídricos y eléctricos.

El primer paso consiste en realizar una auditoría económica del funcionamiento actual de la instalación. Para ello se calculan los indicadores energéticos y se diagnostica el funcionamiento actual siguiendo el protocolo de auditorías para Comunidades de Regantes.

Una vez recopilados y estructurados los datos necesarios se realiza el diseño de la instalación fotovoltaica teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos para los meses más restrictivos. Conocidas las necesidades se determinan los requisitos de la instalación de bombeo y se analiza si es posible alcanzar un rendimiento eficiente utilizando los grupos de bombeo ya existentes en los pozos.

Posteriormente se analiza el funcionamiento de la instalación con el cambio por bombas mejor adaptadas al nuevo funcionamiento con energía solar.

Finalmente se realiza la comparativa de las alternativas planteadas: con energía convencional; con energía fotovoltaica y los actuales grupos de bombeo; y con energía fotovoltaica y nuevos grupos de bombeo.

Se plantea la posibilidad de vender la energía a la red durante los periodos que la instalación no funciona para el regadío.

.

**Palabras clave:** Utiel, riego, ahorro, energético, caudal, solar, fotovoltaico, bombas, vid.

## RESUM

En el present document es descriuen els criteris de dimensionament i de càlcul per a estudiar la viabilitat econòmica d'una instal·lació de bombament fotovoltaica per a la comunitat de regants de Les Cuevas a Utiel.

El projecte contempla la recopilació de la informació cadastral amb les dades dels cultius de les parcel·les, les característiques de la instal·lació de reg amb tots els seus components (basses, bombes, canonades i punts de consums), els nusos de consum i els consums hídrics i elèctrics.

El primer pas consisteix a realitzar una auditoria econòmica del funcionament actual de la instal·lació. Per a això es calculen els indicadors energètics i es diagnostica el funcionament actual seguint el protocol d'auditories per a Comunitats de Regants.

Una vegada recopilats i estructurats les dades necessàries es realitza el disseny de la instal·lació fotovoltaica tenint en compte les necessitats dels cultius per als mesos més restrictius. Conegudes les necessitats es determinen els requisits de la instal·lació de bombament i s'analitza si és possible aconseguir un rendiment eficient utilitzant els grups de bombament ja existents en els pous.

Posteriorment s'analitza el funcionament de la instal·lació amb el canvi per bombes més ben adaptades al nou funcionament amb energia solar.

Finalment es realitza la comparativa de les alternatives plantejades: amb energia convencional; amb energia fotovoltaica i els actuals grups de bombament; i amb energia fotovoltaica i nous grups de bombament.

Es planteja la possibilitat de vendre l'energia a la xarxa durant els períodes que la instal·lació no funciona per al regadiu.

**Paraules clau:** "Paraules clau: Utiel, reg, estalvi, energètic, cabal, solar, fotovoltaic, bombes, vinya

### Summary

This document describes the sizing and calculation criteria to study the economic viability of a photovoltaic pumping installation for the Las Cuevas irrigation community in Utiel.

The project includes the compilation of the cadastral information with the data of the crops on the plots, the characteristics of the irrigation installation with all its components (tanks, pumps, pipes and consumption points), the consumption nodes and the water and electricity consumption.

The first step is to carry out an economic audit of the current operation of the installation. To do this, the energy indicators are calculated and the current operation is diagnosed following the audit protocol for Irrigation Communities.

Once the necessary data has been collected and structured, the design of the photovoltaic installation is carried out, taking into account the needs of the crops for the most restrictive months. Once the needs are known, the requirements of the pumping installation are determined and it is analysed whether it is possible to achieve an efficient yield using the pumping units already existing in the wells.

Subsequently, the operation of the installation is analysed by changing to pumps that are better adapted to the new operation with solar energy.

Finally, a comparison is made of the alternatives proposed: with conventional energy; with photovoltaic energy and the current pumping units; and with photovoltaic energy and new pumping units.

The possibility of selling the energy to the grid during the periods when the installation is not working for irrigation purposes is considered.

**Keywords:** Utiel, irrigation, savings, energy-related, flow rate, solar, photovoltaic, pumps, vine

## ÍNDICE

### Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Introducción .....	12
1.2. Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica .....	14
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>17</b>
3.1. Comunidad de Regantes de Las Cuevas .....	17
3.2. Plan de explotación de la masa de agua subterránea de Requena.....	22
3.3. Descripción de la problemática .....	23
3.4. DOTACIONES.....	29
3.5. Control del uso del Agua .....	30
3.6. Consideraciones .....	31
3.7. Estudio de la zona mediante RIEGOSIVIA.....	33
<b>4. Metodología en el diseño de una instalación fotovoltaica para la comunidad de regantes de las Cuevas.....</b>	<b>42</b>
4.1 Explicación de la auditoria energética.....	42
4.2 Procedimiento para realizar una auditoria energética.....	42
4.4 Resultados de la auditoria .....	43
<b>5. Diseño de la instalación de bombeo fotovoltaica.....</b>	<b>47</b>
5.1 Estudio de la irradiancia en la ubicación geográfica .....	47
5.4 Estudio alternativo de la irradiancia en la ubicación geográfica mediante Homer Pro ....	51
5.5 Estudio del consumo energético de la estación de bombeo.....	54
5.6 Dimensionamiento de las placas solares a 25 grados de inclinación.....	55
5.6.1 Mes de dimensionado y configuración del generador FV.....	55
5.6.2 Dimensionar y configurar el generador FV.....	56
5.7.3 Inversores .....	58
5.7.4 Configuración del generador FV.....	59
5.7.5 Baterías.....	60
5.8 Viabilidad de la instalación.....	60
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>7. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>62</b>
7.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	62

**Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas**

---

7.2	CABLEADO .....	63
7.3	PROTECCIONES .....	64
7.4	OBRA CIVIL.....	65
7.5	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	66
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>
	Diseño de la Red en Epanet.....	87
	Estudio de posible instalación de bombas en paralelo .....	88
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>98</b>

**INDICE DE FIGURAS**



Figura 1:: Actividad agraria en el territorio español.....	12
Figura 2: Riego por sucos utilizando la gravedad .....	13
Figura 3: Almacenamiento de la energía solar .....	16
Figura 4: Vid en la región de Utiel-Requena.....	18
Figura 5: Balsa Morenas en la comunidad de Regantes de Las Cuevas.....	19
Figura 6: Balsa Bicuerca I y II en la comunidad de regantes de las Cuevas .....	20
Figura 7: Plano acotado de la Comunidad de regantes de Las Cuevas .....	21
Figura 8: Territorio Hidrográfico del Jucar .....	22
Figura 9:Acuífero de la masa subterránea.....	24
Figura 10: Estudio de los niveles piezométricos de la masa de agua subterránea de Requena .	25
Figura 11: Embalse de Forata-salidas, volumen embalsado y estación de aforos de la ROEA Río Magro en Requena. ....	26
Figura 12:Unidades de demanda agrícola.....	27
Figura 13: Ejemplo de marco de plantación.....	31
Figura 14: Caudal de goteros.....	32
Figura 15:Logo de RIEGOSIVIA.....	34
Figura 16:Elección de la estación en la página web de RiegosIVIA .....	35
Figura 17: Calculo de la programación anual de riego orientativa para la Vid Bobal.....	36
Figura 18: Resultados sobre el riego de la Vid Bobal en los diferentes meses del año.....	37
Figura 19:Ejemplo de Viñedo Bobal en Utiel.....	38
Figura 20: Calculo de la programación anual de riego orientativa para el almendro .....	39
Figura 21: Calculo de la programación anual de riego orientativa para el almendro .....	40
Figura 22: Factura de la comunidad de regantes de las Cuevas.....	44
Figura 23: Calificación energética de la eficiencia de los bombeos .....	46
Figura 24: Irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de 12 grados.....	48
Figura 25:Irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de 13 grados.....	49
Figura 26:Irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de 14 grados.....	49
Figura 27: Consumo Las Cuevas mes de Julio .....	50
Figura 28: Programa y ventana de inicio de HOMER ENERGY.....	52
Figura 29:Localización exacta de la comunidad de regantes de Las Cuevas en el programa HOMER PRO .....	52
Figura 30:Elección de la moneda euro para el cálculo de la instalación fotovoltaica .....	53
Figura 31: Irradiancia calculada mediante el programa de HOMER ENERGY.....	53
Figura 32: irradiancia mensual del mes de Julio .....	55
Figura 33: Inversor que se va a utilizar para conectar los paneles .....	58
Figura 34: Ejemplo de georreferenciación .....	84
Figura 35: Principal logo de QGIS .....	85
Figura 36: Mapa de los terrenos de la comunidad de regantes de Las Cuevas.....	86
Figura 37: Georreferenciación de la comunidad de regantes Las Cuevas .....	87
Figura 38: Diseño parcial de la comunidad de regantes de Las Cuevas en EPANET.....	87
Figura 39: Bomba entre balsas sobre la que se hará el estudio.....	95

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Tabla resumen con las diferentes Superficies y sus cultivos.....	33
Tabla 2: Tabla resumen con los m <sup>3</sup> de riego .....	40
Tabla 3: Tabla resumen con el Volumen de riego en el mes de Julio .....	41
Tabla 4: Rendimiento de cada estación de bombeo de la instalación .....	45
Tabla 5: Calificación energética de las bombas de la Comunidad de regantes .....	46
Tabla 6: Irradiancia en HSP mes de Julio .....	50
Tabla 10: Irradiancia en HSP en el mes de Julio .....	55
Tabla 11: Características técnicas CanadianSolar MaxPower CS6U-340M seleccionado.....	57
Tabla 7: Primera tabla de Nomenclaturas y su correspondiente descripción.....	90
Tabla 8: Segunda tabla de Nomenclaturas y su correspondiente descripción.....	90
Tabla 9: Tabla hipótesis con el número de bombas .....	96

**INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Ecuación para el cálculo de las necesidades hídricas.....	37
Ecuación 2: Ecuación para el cálculo de las Necesidades de riego Netas .....	38
Ecuación 3: Calculo del numero de veces que se tienen que llenar las balsas .....	41
Ecuación 4: Inclinación óptima.....	47
Ecuación 5: Calculo de las horas de funcionamiento de nuestro grupo de bombeo.....	54
Ecuación 6: Calculo del consumo teórico de la estación de bombeo .....	54
Ecuación 7: Calculo de la energía hidrulica diaria necesaria.....	56
Ecuación 8: Calculo de la energía eléctrica diaria .....	56
Ecuación 9: Calculo de la potencia Pico .....	56
Ecuación 10: Calculo del número de módulos a instalar.....	58
Ecuación 11: La tensión máxima a 20 grados de los módulos en serie.....	59
Ecuación 12: Tensión máxima a 70 grados de los módulos en serie.....	59

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción

El sector agroalimentario en España y todo lo que ello conlleva es uno de los sectores que más importancia tiene en nuestro país y cuyo impacto sigue creciendo debido al aumento incesante de la población a nivel general.

Otro de los aspectos que hace que el sector agrícola tenga una gran importancia es el aumento de exportaciones a nivel mundial, por poner un ejemplo, hasta marzo de 2022, las exportaciones agroalimentarias han alcanzado un nuevo récord, con 61.282 millones de euros, un 11,2 % más que en marzo de 2021, con un saldo positivo de más de 17.000 millones. Estos datos suponen el 18,4 % del conjunto del comercio exterior español.

<https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/agricultura.asp>

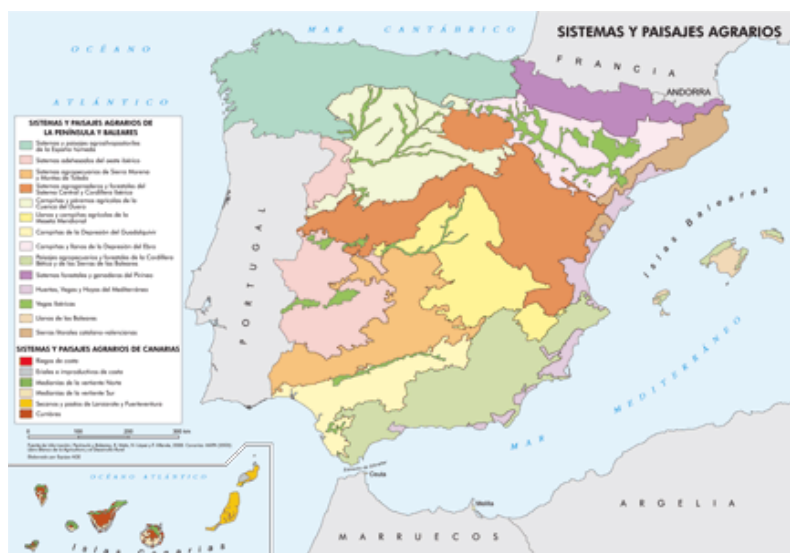


Figura 1:: Actividad agraria en el territorio español

Haciendo un repaso por la superficie en España en el año 2022, la superficie cultivada en nuestro país fue de 16.830.738 hectáreas lo que supone más de un tercio de la superficie total de nuestro país. Debido a que la cantidad de recursos que todo esto conlleva, cualquier mejora que permita la optimización y la eficiencia energética puede tener grandes beneficios a nivel medioambiental

y económico, permitiendo además de reducir el uso de recursos la reducción de emisiones de gases contaminantes.

Un punto para destacar es que la mayoría de las tierras de cultivo se encuentran en las zonas rurales y alejadas de los grandes núcleos de población por lo que su conexión a la red eléctrica en algunas ocasiones es difícil y tediosa debido a lo aisladas que se encuentran.

En estos campos de cultivo el riego por gravedad es el que más se utiliza debido a su gran eficiencia energética siempre y cuando la impulsión no supere la cota de aquel territorio que se pretende regar.



*Figura 2: Riego por sucos utilizando la gravedad*

En el caso contrario en el que se supere la cota, habría que impulsar esta agua de alguna manera, lo que conlleva un gasto energético. Este gasto debido a las grandes cantidades de agua que se tienen que impulsar suelen ser muy elevados y con el creciente aumento de los precios de la electricidad y de los combustibles supone un quebradero de cabeza para los agricultores para los que los márgenes de sus beneficios se ven cada vez más reducidos.

Es por ello por lo que se tienen que buscar nuevas alternativas que permitan un nuevo concepto a la hora de buscar la eficiencia energética. Una de las mejores opciones pasa por el uso de las energías renovables que, aunque la instalación en ocasiones suele ser costosa, cuentan con unos tiempos de amortización muy rápidos.

Una de las mejores opciones que se tiene es la de energía fotovoltaica, incluso últimamente se ha acuñado un nuevo término que se conoce como “agrovoltaica”. Este término se plantea como una simbiosis entre el campo de la agricultura y de la ganadería con la generación fotovoltaica. Dicho término está cogiendo cada vez más fuerza en los últimos años a medida que se va

reforzando la apuesta por una agricultura cada vez más sostenible y basado en energías renovables. <https://www.fundeen.com/blog-energias-renovables/energia-agrovoltica-que-es-funcionamiento>

## 1.2. Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica

Hablando de las ventajas de la energía solar fotovoltaica hay que destacar la posibilidad de personalización y adaptación que podemos conseguir en función de la demanda de nuestro terreno en función de la cantidad de caudal que tengamos que impulsar.

Hablando de números y según los estudios realizados se ha llegado a la conclusión de que este tipo de energía reduce el precio de cada metro cubico de agua en más de un 70 % aumentando en gran medida los beneficios y el margen de ganancia de los agricultores.

Como se ha citado anteriormente, estos sistemas solares fotovoltaicos en ocasiones tienen precios elevados, pero al tratarse de una fuente de energía renovable de gran eficiencia el periodo de amortización de estos se pueden realizar en cuestión de pocos años si las condiciones son adecuadas.

A nivel medioambiental también cuenta con un gran número de ventajas ya que el hecho de que venga de la luz solar convierte a esta energía en limpia y renovable ya que aparte de no consumir ningún tipo de combustible, tampoco genera residuos teniendo un impacto en el medio ambiente positivo. En los tiempos actuales este tipo de instalaciones cuentan con gran cantidad de subvenciones por parte del gobierno que permiten que no suponga un gran esfuerzo el decantarse por este tipo de energía, además que en los casos en los que se produzca más energía de la que se va a consumir se puede almacenar.

Como se ha mencionado, se trata de una fuente renovable e inagotable de energía que no emite gases de efecto invernadero y tampoco otro tipo de contaminantes por lo que es la fuente más sostenible con el medio ambiente si lo comparamos con otro tipo de fuentes de energía.

En el presente proyecto vamos a realizar el diseño de paneles solares fotovoltaicos que por lo general requieren de muy poco mantenimiento ya que están diseñados para durar muchos años y no tiene ninguna parte móvil. Como hemos recalado anteriormente no producen ningún tipo de ruido ni de emisiones por lo que se convierte en una buena opción.

Por otro lado, si elegimos esta opción tenemos una gran independencia energética ya que al producir su propia energía se reduce la dependencia que tendríamos de las compañías eléctricas o los precios de los combustibles fósiles que hemos visto como fluctúan últimamente.

La gran disponibilidad que tenemos con ella hace que incluso en aquellos lugares alejados de los puntos de suministro o aquellos países menos desarrollados tengamos disponible energía solar. Además, supone un tipo de energía que es muy polivalente ya que se puede adaptar desde pequeños núcleos residenciales a grandes superficies industriales.

Aunque veamos que todo son ventajas también podemos destacar una serie de inconvenientes que pueden marcar un punto negativo a la hora de elegir este tipo de fuente de energía.

En primer lugar, es un tipo de energía que es muy variable ya que depende directamente de la cantidad de sol que tengamos, por lo que en días nublados la energía que se va a producir es mínima. Por otro lado, los lugares en los que haya poca insolación la producción de energía pueden ser limitada.

Este tipo de energía no está disponible para todo el mundo debido al gran costo inicial que supone esta instalación independientemente de que en los últimos años su precio haya disminuido. Por otro lado, hay que destacar el plazo de amortización es muy corto, ya que en pocos años se puede ahorrar una cantidad de dinero superior a lo que supuso la inversión inicial.

En un estudio publicado por investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts se explicó que el motivo que había dado lugar a que durante las 4 últimas décadas el precio de los paneles solares se haya desplomado un 97%. Aunque son varios los motivos que han llevado a esta situación, se llegaron a la conclusión de que los principales habían sido el apoyo gubernamental, las políticas públicas a favor de estas inversiones y el gran aumento de la electricidad generada a partir de esta energía solar.

El proceso de fabricación de la instalación fotovoltaica y de los paneles solares que lo componen son contaminantes, aunque se compense con la energía limpia que supone el uso solar. La instalación fotovoltaica supone el uso de un espacio amplio, ya que los paneles solares tienen grandes dimensiones y el caso de que se quieran producir cantidades considerables de energía la cantidad de paneles solares que se van a utilizar es elevada.



## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

---

Como se comentó anteriormente, la energía producida que no se consume se puede almacenar para su consumo posterior o para venderla, pero estos sistemas de almacenamiento son altamente costosos y además requieren un espacio adicional.



*Figura 3: Almacenamiento de la energía solar*

## 2. OBJETIVOS

Actualmente el caso de estudio consiste en evaluar el funcionamiento de la instalación actual, para lo cual se va a realizar una auditoria energética con todo lo que ello conlleva, ya sea estudio y análisis de las bombas e instalaciones actuales y se va a plantear la viabilidad de una instalación de bombeo fotovoltaico en las captaciones existentes en la red.

Existen una serie de objetivos secundarios que buscan un mismo objetivo común:

- Cálculo de la demanda de riego en el mes más desfavorable
- Análisis de las bombas y la instalación para asegurar su viabilidad.
- Diseño de la instalación fotovoltaica.
- Estudio de la viabilidad económica del proyecto.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio se encuentra en la Comunidad Valenciana en la localidad de Utiel y se trata de la comunidad de regantes de Las Cuevas.

### 3.1. Comunidad de Regantes de Las Cuevas

La comunidad de Regantes de Las Cuevas es una entidad que agrupa a los agricultores de la zona de Las Cuevas. Se trata de un término municipal que se encuentra en la zona de Utiel en la Comunidad Valenciana. La principal función que tienen es la de gestionar el agua de riego que se utiliza en las explotaciones agrícolas de la zona.

Las principales actividades que desarrollan son:

- Gestión y mantenimiento de las infraestructuras de riego, que nos permiten el suministro de agua en las explotaciones agrícolas.
- Gestión de los derechos de agua y un reparto equitativo de los recursos agrícolas de toda la zona.
- Constante proceso de mejora y fomento de modernización de las técnicas y de los métodos de riego para así poder mejorar tanto la eficiencia como la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas.

Cabe destacar por otro lado, que la comunidad de regantes de Las Cuevas cuenta con una junta de Gobierno en la que los propios regantes se encargan de tomar las propias decisiones para poder dirigir y gestionar la entidad de la mejor forma posible.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

---

Esta comunidad de regantes se encuentra formando parte de la federación de regantes de la comunidad Valenciana que aglutina todas las comunidades de regantes de la región y defiende además todos sus intereses.

En cuanto al termino de Utiel, se encuentra en la provincia de Valencia y cuenta con un clima mediterráneo y una diversidad de suelo que permite una gran variedad de cultivos entre los que destacamos dos:

-Vid: Es el cultivo más importante de la zona debido a la importancia de algunos de los vinos con denominación de origen que se producen en Utiel-Requena. Entre las principales variedades con las que se cuentan tenemos Bobal, Tempranillo, Cabernet y Merlot. Para tener una idea de las dimensiones que suponen la vid en esta región, se estima que la producción de uva en Utiel fue alrededor de unas 100.000 toneladas.



*Figura 4: Vid en la región de Utiel-Requena*

-Almendra: La almendra es otro de ellos cultivos importantes que hay en la zona, especialmente los de la variedad Marcona. Se estima que en el año 2020 la producción de almendra fue de alrededor de 5.000 toneladas en el término de Utiel.

Utiel se caracteriza por una agricultura que supone una actividad económica importante y que cuenta con gran diversidad de cultivos y una larga tradición. Esta producción agrícola está caracterizada por su calidad y sostenibilidad teniendo en cuenta en todo momento el medio ambiente lo que hace que gran parte de los productos que se extraen de sus tierras cuenten con denominaciones de origen y con certificaciones de calidad.

Actualmente, en el sistema de riego que vamos a estudiar el agua que se utiliza se obtiene de tres balsas que son Balsa Morenas y Balsa Bicuera I y II. Las tres balsas se encargan de regar una superficie total de 9.721.793 metros cuadrados de los cuales, 4.618.448,04 metros cuadrados corresponden al cultivo del almendro y 5.103.345,83 metros cuadrados al cultivo de la viña.



*Figura 5: Balsa Morenas en la comunidad de Regantes de Las Cuevas*

La balsa de las Morenas tiene una dimensión de 100mx50m y 3,8 metros de altura. Posee una capacidad de 19 millones de litros. En la [Figura 5](#) se observa una imagen de la balsa y las coordenadas donde se localiza.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas



Figura 6: Balsa Bicuercas I y II en la comunidad de regantes de las Cuevas

En la Figura 6 observamos la balsa de Bicuercas I que al igual que la balsa Morenas tiene una dimensión de 100mx50m y 3,8 metros de altura. Posee una capacidad de 19 millones de litros. En cambio, la balsa de Bicuercas II es más pequeña y cuenta con una capacidad de 11,4 millones de litros.

Estas balsas tienen en total 5 sondeos en los cuales hay diferentes bombas que serán las encargadas de impulsar el agua para el riego.

-El Sondeo 1, con el nombre de Hoya Rufo se encuentra localizado en la parcela 482 de Utiel, cuya referencia catastral es 46251A008002910000TF.

-El Sondeo 2, con el nombre de Colochas se encuentra en la parcela 342 de Utiel, cuya referencia catastral es 46251A005002280000TT.

- El Sondeo 3, con el nombre de Camporrobles se encuentra en la parcela 15 de Camporrobles, cuya referencia catastral es 46251A006001090000TF.

-El Sondeo 4 y 5, con el nombre de Terengue se encuentran en la parcela 55 de Utiel, cuya referencia catastral es 46082A003001340000MZ.

# Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

En la siguiente figura podemos observar un plano acotado de la comunidad de regantes Las Cuevas:

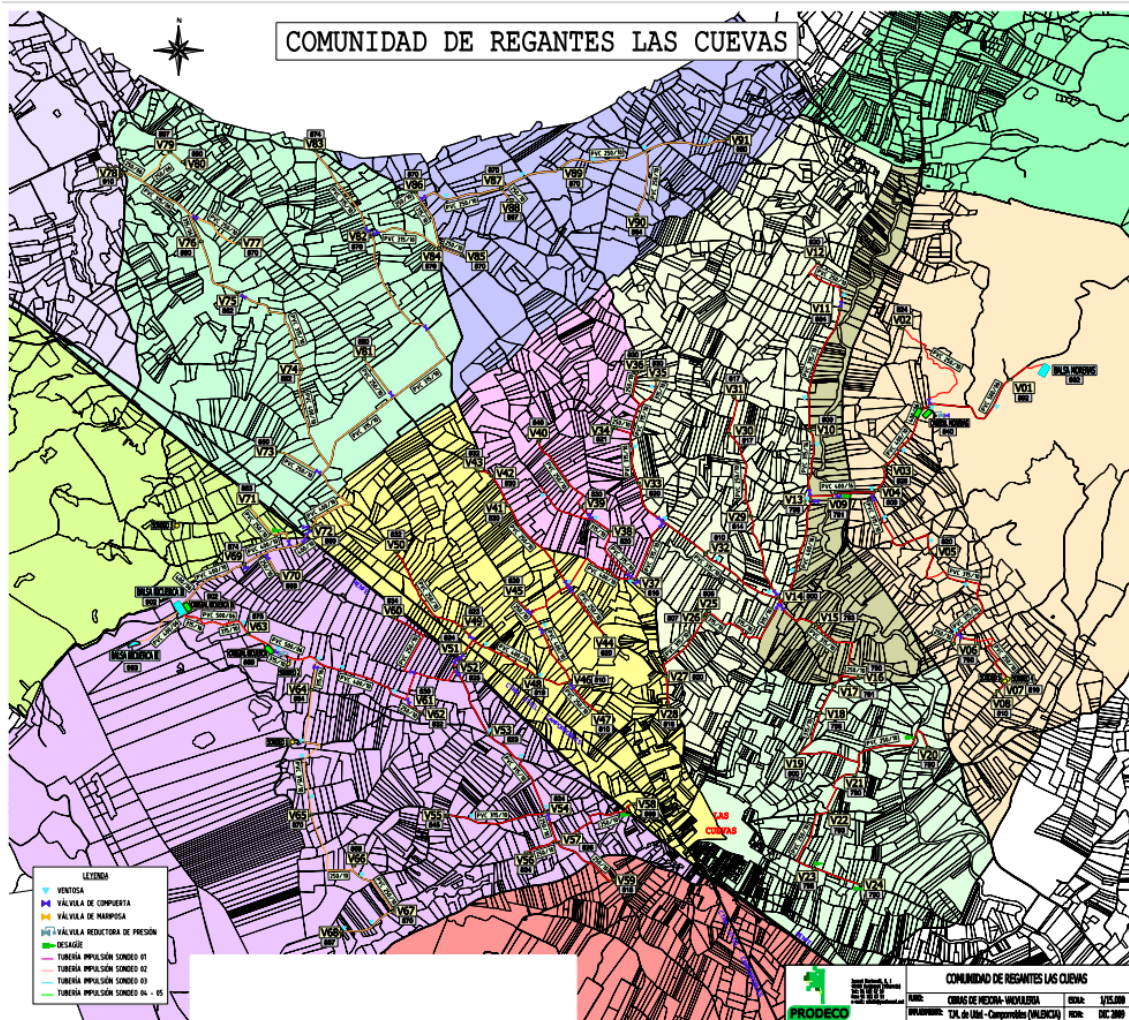


Figura 7: Plano acotado de la Comunidad de regantes de Las Cuevas

Hay tres cabezales (Bicuerca I, Bicuerca II y Balsa Morenas) que tienen bombas de abonado, elementos que permiten la inyección de abono en la red de riego de nuestra instalación en un proceso que recibe el nombre de fertirrigación, técnica que nos permite suministrar al mismo tiempo agua y fertilizantes a través del sistema de riego.

### 3.2. Plan de explotación de la masa de agua subterránea de Requena

El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar del período 2015-2021, aprobado mediante el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, ha señalado como deficiente en términos cuantitativos el estado de la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel.

Con el propósito de solucionar esta problemática y restaurar la salud adecuada de dicha masa de agua, el plan hidrológico propone diversas medidas a corto y medio plazo. Entre ellas, es importante resaltar la implementación de una reserva de recursos acuíferos de 6,5 hm<sup>3</sup> al año y otra reserva de agua regenerada proveniente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Pinedo, destinada a los sistemas de riego del área del Magro.

El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar durante el ciclo 2015-2021 ha aumentado la asignación bruta de agua a 1.250 metros cúbicos por hectárea al año, considerando los requisitos establecidos. Dado que la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel se encuentra en un estado deficiente en términos cuantitativos, el plan prohíbe nuevas concesiones de recursos subterráneos, a menos que estén respaldadas por la reserva establecida en el artículo 20.C.9 y siempre que se haya desarrollado un plan de explotación previo.

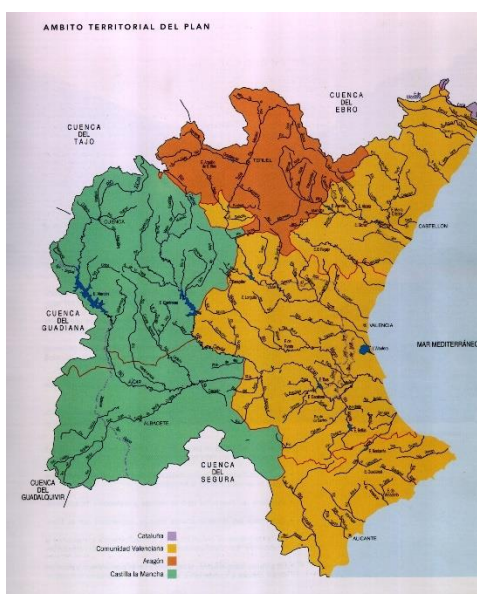


Figura 8: Territorio Hidrográfico del Júcar

Por lo tanto, es necesario contar con un plan de explotación para la masa de agua subterránea 080.133-Requena-Utiel, que permita abordar adecuadamente los expedientes de concesión de aguas subterráneas en proceso y, si es necesario, reasignar las concesiones existentes, contribuyendo así a alcanzar un estado cuantitativo saludable de la masa de agua subterránea.

Cabe destacar que, con la reserva subterránea, es posible reasignar el cultivo de la vid, aunque sin llegar a alcanzar las asignaciones establecidas en el Plan Hidrológico, y no se permiten nuevas concesiones en la zona. El objetivo principal de este plan de explotación es distribuir de manera adecuada la reserva de agua subterránea, reconociendo al mismo tiempo la problemática de escasez de recursos en la masa de agua subterránea.

Tras la aprobación del plan hidrológico en enero de 2016, se iniciaron los trabajos para la elaboración del presente plan de explotación. Desde entonces, se han llevado a cabo diversas reuniones de trabajo con la participación de los principales interesados. En la primera reunión, celebrada el 22 de febrero de 2016, se expuso la problemática existente en la zona y se abordaron los aspectos normativos del plan que afectan a dicha área. En la segunda reunión, realizada el 31 de mayo de 2016, se analizó el volumen y la superficie de regadío, con concesiones y en trámite, en la masa de agua subterránea 080.133 - Requena-Utiel. Además, se plantearon diversas opciones para la implementación de la reserva, considerando las asignaciones aplicadas al cultivo de la vid, el olivar y los frutales de fruto seco. En esta reunión se acordó aplicar la misma asignación tanto a las reasignaciones de concesiones existentes como a las que se encontraban en trámite antes de la fecha de aprobación del plan. En la tercera reunión, llevada a cabo el 28 de julio, la Confederación Hidrográfica del Júcar presentó un borrador del Plan de Explotación de la masa de agua subterránea 080.133 - Requena-Utiel, el cual fue bien recibido por las diferentes entidades. No obstante, desde entonces se han recibido varias contribuciones que se han tenido en cuenta en la redacción final del plan.

### 3.3. Descripción de la problemática

La masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel está ubicada en la parte central de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, en el sistema de explotación del río Júcar en un 96,8%. Tiene una superficie total de 987,9 km<sup>2</sup>. La mayor parte de esta masa de agua subterránea se encuentra en la provincia de Valencia, abarcando un área de 966,4 km<sup>2</sup>, mientras que una pequeña porción se encuentra en la provincia de Cuenca, con una extensión de 21,5 km<sup>2</sup>.

De toda la superficie de la masa de agua, se considera que 982,15 km<sup>2</sup> son permeables, es decir, capaces de permitir una infiltración efectiva del agua en el terreno. La permeabilidad de esta masa de agua subterránea es principalmente de carácter medio, aunque algunas áreas presentan una permeabilidad alta. A lo largo de la masa de agua subterránea fluye el río Magro. La relación entre el río y el acuífero del río Magro es beneficiosa para este último, ya que la masa de agua subterránea proporciona caudal al río a lo largo de toda su longitud, como se puede apreciar en la figura adjunta.

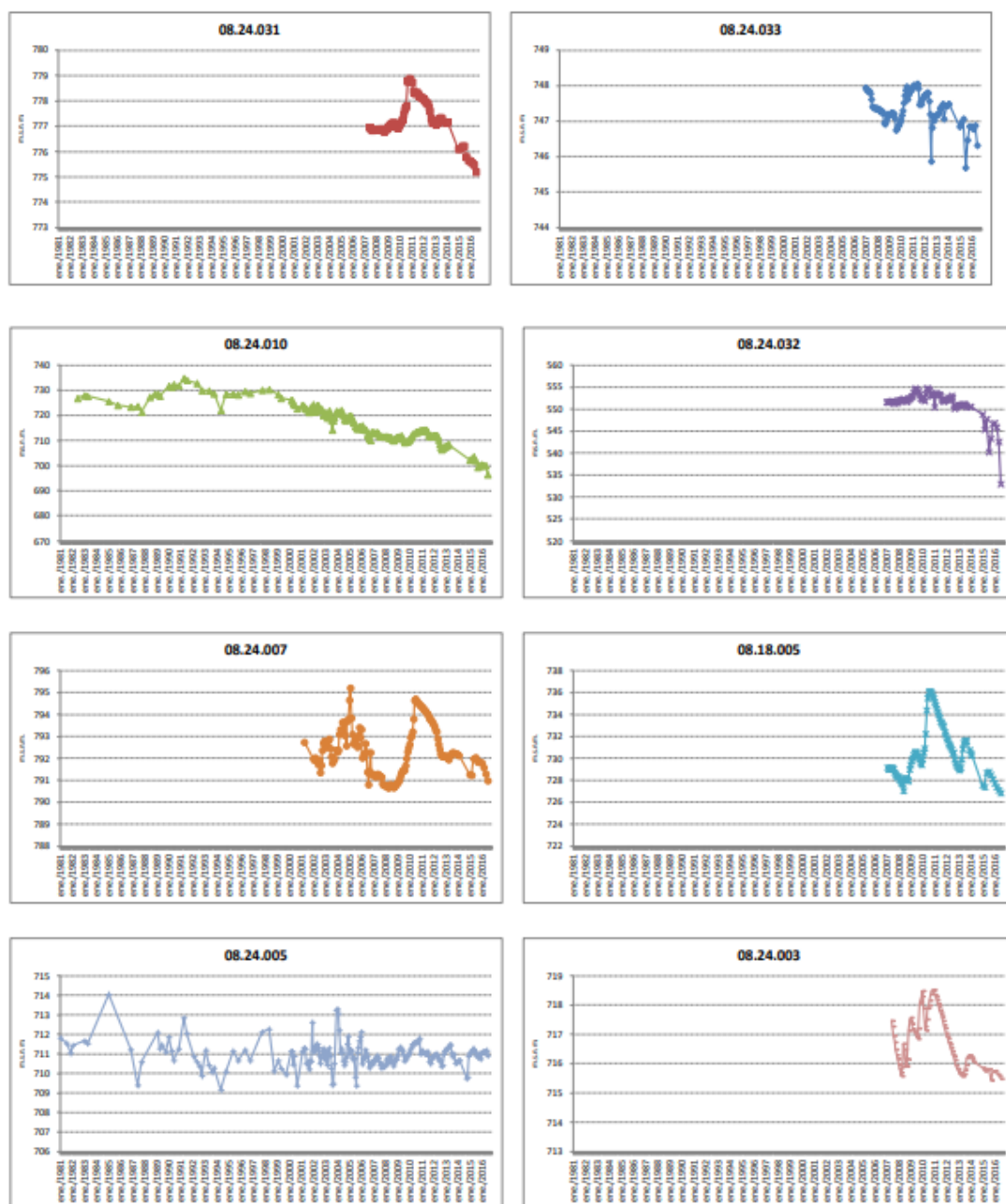




Figura 9:Acuífero de la masa subterránea

Actualmente, la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel se encuentra en un estado cuantitativo deficiente. Según los datos recopilados por el programa de seguimiento del estado cuantitativo en los últimos años, se ha observado una tendencia insostenible de disminución de los niveles piezométricos. Esta tendencia se refleja en los gráficos a continuación, que muestran la serie histórica completa de mediciones (actualizada hasta julio de 2016) de los piezómetros operativos ubicados en la masa de agua subterránea.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas



*Figura 10: Estudio de los niveles piezométricos de la masa de agua subterránea de Requena*

La masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel está ubicada por debajo del embalse de Forata, en el río Magro. Este embalse se utiliza principalmente para riego y tiene una capacidad máxima de 38,5 hectómetros cúbicos. Sin embargo, en los últimos años ha habido una disminución significativa en las aportaciones al embalse, lo que ha generado problemas para satisfacer las demandas superficiales de agua.

El siguiente gráfico muestra las entradas y salidas de agua al embalse de Forata en diferentes años hidrológicos, comenzando desde el año 1968/69. También se muestra el volumen embalsado y las mediciones realizadas en la estación de aforos de Requena, que forma parte de la Red Oficial de Estaciones de Aforo.



Figura 11: Embalse de Forata-salidas, volumen embalsado y estación de aforos de la ROEA Río Magro en Requena.

La masa de agua subterránea presenta un problema de mal estado cuantitativo que está afectando los caudales del río Magro. Ante esta situación, es imprescindible llevar a cabo una planificación cuidadosa de los recursos subterráneos con el objetivo de revertir esta condición y lograr el restablecimiento del buen estado cuantitativo de la masa de agua.

El presente plan de explotación se aplica a la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel y a las masas de agua superficial asociadas, afectando a todos los usuarios que utilizan recursos para riego, abastecimiento urbano e industrial.

En términos de regadío, los principales usuarios se encuentran en las unidades de demanda agrícola de la zona, que incluyen los Riegos del Alto Magro y los Riegos mixtos de la Plana de Utiel. Ambas unidades de demanda utilizan tanto fuentes superficiales como subterráneas, extrayendo agua de la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel.

Los Riegos del Alto Magro están conformados por varias comunidades de regantes, como C.R. Fuencaiente, C.R. Fuente de Las Reinas, C.R. Fuente del Pino, C.R. Gollizno, C.R. Las Casas-Los Corrales de Utiel, S. COOP. Riegos La Mina, S.A.T. Nº 316 Regantes de La Vega de San Antonio y el Sindicato Central de las Comunidades de Regantes de Requena. Por otro lado, los Riegos mixtos de la Plana de Utiel incluyen a la C.R. Riegos los Ruices.

En la figura siguiente se representan las unidades de demanda agrícola de la zona, que están descritas en el plan hidrológico. Es importante destacar que existen comunidades de regantes en proceso de constitución en la zona, las cuales están tramitando solicitudes de concesión de agua. En cuanto a los cultivos predominantes en la zona, destacan principalmente la vid

destinada a la producción de vino, así como otros cultivos leñosos como frutales, almendros y olivos, además de cultivos herbáceos.



Figura 12: Unidades de demanda agrícola

El plan de explotación se aplica a los usuarios de abastecimiento urbano e industrial, así como a los municipios que dependen de la masa de agua subterránea. En concreto, los usuarios de abastecimiento se encuentran en Requena (Subterráneo de Requena), Camporrobles, Caudete de las Fuentes, Fuenterrobles y Utiel (Subterráneos de Requena-Utiel), y Venta del Moro (Subterráneos de Hoces del Cabriel).

En términos de reserva de recursos subterráneos, se establece una reserva total de  $6,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ , de la cual se asignan  $6 \text{ hm}^3/\text{año}$  para la adecuación de concesiones de regadío y redotaciones en la comarca Requena-Utiel. El volumen restante de  $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$  se reserva para atender futuros crecimientos en el abastecimiento urbano de Subterráneos de Requena y la industria de la zona.

De los  $6 \text{ hm}^3/\text{años}$  mencionados, se pueden utilizar hasta  $5,5 \text{ hm}^3/\text{año}$  para redotar a usuarios con concesiones para cultivos de vid y atender aprovechamientos en proceso de tramitación. El resto del volumen,  $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ , se destina a mejorar la garantía de los regadíos superficiales con concesión.

En cuanto a la tramitación de autorizaciones y concesiones, se podrán gestionar aquellas concesiones subterráneas de uso agrícola otorgadas que soliciten modificaciones o estén en proceso de tramitación antes de la entrada en vigor del Real Decreto 1/2016, de 8 de enero.

Además, se reserva hasta un máximo de 200.000 m<sup>3</sup>/año de la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel para atender nuevos usos de escasa importancia en el sistema Júcar.

Es importante destacar que no se permitirá el riego en superficies no incluidas en las concesiones o solicitadas después de la entrada en vigor del Real Decreto 1/2016, a menos que sean usos de escasa importancia o no supongan un aumento en el volumen de uso y sean compatibles con este plan de explotación.

Los usuarios de las masas de agua superficial asociadas con concesiones otorgadas pueden solicitar un volumen complementario para mejorar su garantía, utilizando la reserva de 0,5 hm<sup>3</sup>/año establecido en el plan de explotación, siempre que justifiquen una disminución significativa en los aportes superficiales.

La dotación de agua a aplicar seguirá los criterios establecidos en el Plan Hidrológico, a excepción de los cultivos de vid, olivar y frutales de fruto seco, para los cuales se aplicará la dotación media bruta para riegos de apoyo mencionada en el plan.

En el caso de aprovechamientos con cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco que tengan una dotación inferior al 50% de la establecida en el Plan Hidrológico, es decir, 625m<sup>3</sup>/ha/año, se deberá solicitar la correspondiente concesión. En el caso de tener volúmenes totales anuales de agua superiores a 3.000 m<sup>3</sup>, los usuarios que cultivan vid, olivar y frutales de fruto seco deberán solicitar la correspondiente concesión. Esta concesión puede ser otorgada utilizando la reserva de 200.000 m<sup>3</sup>/año de la masa de agua subterránea 080.133 Requena-Utiel mencionada anteriormente.

De acuerdo con las disposiciones del artículo 54.2 del TRLA y el artículo 87 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, el interesado deberá justificar que la cantidad de agua utilizada se ajusta al uso específico que se le da al agua. Dado que la masa de agua subterránea presenta problemas en su disponibilidad, el Organismo de cuenca solo permitirá el uso agrícola con cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco si las dotaciones brutas se mantienen en los límites establecidos en este Plan de explotación o son inferiores a ellos.

### 3.4. DOTACIONES

El Apéndice 10 del Plan Hidrológico incluye las asignaciones de agua de referencia para diferentes usos.

En el caso de las dotaciones agrícolas, se establece una asignación neta para cada región agrícola y tipo de cultivo. Sin embargo, para las concesiones de aprovechamiento de aguas subterráneas que experimenten una presión significativa debido a la extracción o que se encuentren en un mal estado cuantitativo, se aplicará una dotación bruta de riego de apoyo de 1.250m<sup>3</sup>/ha/año para el cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco.

Teniendo en cuenta el estado de la masa de agua subterránea, los usos existentes y previstos, las necesidades del cultivo y la reserva establecida en el Plan Hidrológico, se ha acordado entre los usuarios y la administración establecer una dotación bruta media de 600 m<sup>3</sup>/ha/año para el cultivo de la vid. También se establece esta misma dotación bruta media de 600 m<sup>3</sup>/ha/año para el cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco en todos los aprovechamientos que no estaban bajo riego en el momento de entrada en vigor del Real Decreto 1/2016, de 8 de enero.

Dado que las necesidades de agua de las plantas varían según las condiciones climáticas del año (húmedo, medio o seco), de acuerdo con el artículo 35.1 de la normativa del plan, la dotación media puede modificarse según el tipo de año. La dotación media de 600 m<sup>3</sup>/ha/año puede variar en función de la cantidad de lluvia de cada año, distinguiendo entre años húmedos, medios y secos. Para establecer estas dotaciones, la Confederación Hidrográfica del Júcar aplicará los siguientes criterios de manera general:

- 1- Se considerará que un año es seco si la precipitación entre octubre y abril, ambos inclusive, no supera los 230 mm. En estos años, la dotación bruta media para el cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco de 600 m<sup>3</sup>/ha/año puede aumentarse hasta 900m<sup>3</sup>/ha/año.
- 2- Se considerará que un año es medio si la precipitación entre octubre y abril, ambos inclusive, está entre 230 mm y 310 mm. En estos años, la dotación bruta media para el cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco tendrá un máximo de 600 m<sup>3</sup>/ha/año.
- 3- Se considerará que un año es húmedo si la precipitación entre octubre y abril, ambos inclusive, supera los 310 mm. En estos años, la dotación bruta media para el cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco de 600 m<sup>3</sup>/ha/año tendrá un máximo de 450 m<sup>3</sup>/ha/año.

Estas dotaciones pueden ajustarse si se producen cambios significativos en las precipitaciones en comparación con los valores medios habituales de mayo a septiembre.

Si se cuentan con investigaciones adicionales y se considera apropiado, la Confederación Hidrográfica del Júcar tiene la opción de realizar una evaluación más detallada de las necesidades de riego, tomando en cuenta los conocimientos agronómicos de las entidades locales y las previsiones meteorológicas de la región. Para ello, se utilizará un modelo de balance de humedad que considerará las precipitaciones, la evapotranspiración potencial del cultivo y la evaporación real del cultivo. De este modo, se podrá establecer una asignación específica para el cultivo de vid, olivar y frutales de fruto seco para cada año, la cual variará entre un mínimo de 450 m<sup>3</sup>/ha/año en los años más húmedos y un máximo de 900 m<sup>3</sup>/ha/año en los años más secos.

### 3.5. Control del uso del Agua

Las disposiciones y requisitos para el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados en los aprovechamientos de agua del dominio público hidráulico, así como las condiciones para las mediciones y registros, se encuentran establecidos en la Orden ARM/1312/2009, de 20 de mayo. Esta orden regula los sistemas para realizar el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados en dichos aprovechamientos, así como los retornos al dominio público hidráulico y los vertidos al mismo.

Tanto la Junta Central como las comunidades de usuarios y usuarios individuales, en caso de que no exista la Junta Central, tienen la obligación de proporcionar a la Confederación Hidrográfica del Júcar, de manera semestral, los datos relativos a su consumo en cada punto de captación. Estos datos se basan en los dispositivos instalados e incluyen información sobre la superficie regada y el tipo de cultivo.

El consumo total se calculará como la diferencia entre las lecturas de los dispositivos de medición al comienzo y al final del año hidrológico. Es necesario obtener la aceptación del Organismo de cuenca, previa opinión favorable de los servicios de policía de aguas, para la disposición e instalación de los caudalímetros. La comunicación sobre la instalación de un nuevo dispositivo se realizará por parte de la Junta Central, una vez constituida, o de forma individual, en caso de no existir dicha Junta.

El control de los usos del agua, incluidos los de bajo caudal, se llevará a cabo mediante inspecciones realizadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar en el lugar correspondiente. Se realizará un seguimiento específico en los pozos cercanos a los utilizados para abastecer a las poblaciones. Además, la Confederación Hidrográfica del Júcar informará sobre las mejoras que se realicen en la red de control piezométrico para un monitoreo más efectivo del estado de la masa de agua subterránea, especialmente en las áreas más afectadas.

### 3.6. Consideraciones

Antes de calcular la demanda mínima que necesitamos de riego debemos tener varias consideraciones. En primer lugar:

- Marco de plantación: El término "marco de plantación" se refiere a cómo se organizan y espacian las plantas en un campo o huerto agrícola. Se trata de la manera en que se distribuyen estratégicamente las plantas en el terreno con el fin de aprovechar al máximo el espacio disponible, la luz solar, el agua y los nutrientes.

El marco de plantación puede variar dependiendo del tipo de cultivo, las características del suelo, el clima y otros factores específicos. En algunos casos, las plantas se colocan cerca unas de otras, lo que se conoce como un marco de plantación estrecho, mientras que en otros casos se dejan más espacio entre las plantas, lo que se llama un marco de plantación amplio.

El propósito fundamental del marco de plantación es optimizar el rendimiento y la eficiencia del cultivo. Un marco de plantación adecuado permite que las plantas tengan un acceso óptimo a la luz solar para realizar la fotosíntesis, mejora la circulación del aire para prevenir enfermedades, optimiza el uso del agua y los nutrientes, y facilita las tareas de manejo y cosecha.

En resumen, el marco de plantación se refiere a la disposición y distancia entre las plantas en un cultivo, y su selección se basa en diversos factores con el objetivo de maximizar el crecimiento y el rendimiento de las plantas.



*Figura 13: Ejemplo de marco de plantación*



Según los últimos estudios que se han realizado en la comunidad de regantes, en el caso de la Viña un marco de plantación adecuado sería de 2,5 mx2,5 m resultando un marco de plantación de 6,25 metros.

En el caso del almendro, el marco de plantación tiene que ser mayor y se ha optado por 7m x 7m resultando un marco de plantación en este caso de 49 metros.

- Caudal de goteros: El término "caudal de goteros" hace referencia a la cantidad de agua que un dispositivo de riego por goteo puede liberar en un lapso determinado. En el sistema de riego por goteo, los goteros son elementos que administran el agua de manera gradual y controlada directamente en la zona de las raíces de las plantas.

La medida del caudal de los goteros se suele expresar en litros por hora (L/h) y puede variar dependiendo del tipo de gotero utilizado. Al elegir los goteros adecuados, es crucial considerar las necesidades de agua de las plantas, las características del suelo, el clima y otros factores relevantes.

El caudal de los goteros puede ser ajustado en función de las demandas específicas del cultivo. Algunas plantas pueden requerir un caudal mayor para satisfacer sus necesidades hídricas, mientras que otras pueden necesitar un caudal más reducido.

Es esencial tener en cuenta el caudal de los goteros al diseñar un sistema de riego por goteo, dado que esto influye en la frecuencia y duración del riego, así como en la distribución uniforme del agua en el cultivo.



*Figura 14: Caudal de goteros*

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

En resumen, el caudal de los goteros se refiere a la cantidad de agua que un gotero en un sistema de riego por goteo puede suministrar en un intervalo de tiempo. Este factor resulta fundamental para asegurar un suministro adecuado de agua a las plantas en un cultivo.

Para el caso de la Viña se ha seleccionado un caudal de goteros de 2,2 litros por hora, el más frecuente de la zona, mientras que para el almendro únicamente de 2 litros por hora. El número de goteros que se pondrán por cada viña y almendro serán 2 y 14 respectivamente.

Con estos datos se determina el caudal total por hora que se necesita en los cultivos.

Tipo de plantación	Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> )	Marco de plantación	Plantas totales	Caudal de goteros (l/h)	Numero de goteros	Caudal total (litros/hora)
Almendro	8	10.355	49	212	2	14	5936
Almendro	5	8.842	49	181	2	14	5068
Viña	6	7.499	6,25	1200	2,2	2	5280
Viña	11	15.874	6,25	2540	2,2	2	11176

Tabla 1: Tabla resumen con las diferentes Superficies y sus cultivos

En la [Tabla 1](#) se muestran dos parcelas aleatorias de cada tipo de cultivo, tanto del almendro como de la Viña. Sabiendo la superficie de dichas superficies podemos, con los datos que hemos descrito anteriormente calcular el número de plantas totales, el caudal de goteros o el Marco de plantación.

### 3.7. Estudio de la zona mediante RIEGOSIVIA

Existen varios sitios que se puede usar como Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. En nuestro caso utilizaremos riegosivia que es el instituto valenciano de investigaciones agrarias.

## 2. Consulta de datos históricos.

**riegosivia**  
Instituto valenciano de investigaciones agrarias

**GENERALITAT VALENCIANA**  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA, ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA I CIÈNCIES DE LA CONSTRUCCIÓ

Inicio Investigación y transferencia Red SIAR **Meteología** Necesidades de riego Servicios Noticias y avisos

**METEOROLOGÍA**

La Meteorología orientada a la agricultura o Agrometeorología podría definirse como la rama de la meteorología dedicada al estudio de los elementos meteorológicos y climáticos, así como su influencia en las actividades agrícolas.

La agrometeorología contribuye a la mejora de la actividad agraria en cuanto que permite tener un mejor conocimiento de los efectos que ejerce el tiempo y clima en los sistemas de producción agraria y, por tanto, desarrollar planes y estrategias a corto, medio y largo plazo. Conociendo los datos del pasado en cierta región, a partir de esos datos históricos se puede programar las actividades futuras con mayor efectividad.

Sabida es la fuerte dependencia de la agricultura del medio donde se desarrolla, por ello, las necesidades meteorológicas del sector agrario ofrecen considerablemente de las de otras actividades y revisten gran trascendencia. Baste citar sólo algunos ejemplos de ello

1. La aplicación de modelos agrometeorológicos es particularmente importante en la gestión de la protección de cultivos, debido al elevado impacto de estas técnicas en el medio ambiente y al fuerte efecto de las variaciones del tiempo atmosférico en la infestancia de insectos y patógenos.
2. Determinadas especies frutales caducifolias requieren de una determinada cantidad de horas frío para que cese la latencia invernal de las yemas y, en consecuencia, se reinicie la actividad vegetativa y reproductora. Asimismo, la adaptabilidad de una determinada especie a una nueva zona puede venir determinada por la ausencia o presencia de una determinada cantidad de horas frío.
3. Las heladas constituyen una preocupación constante del agricultor. Los efectos de las bajas temperaturas, intensidad, velocidad y duración, pueden dar al traste con una campaña completa, con consecuencias devastadoras para las rentas de los productores. Predecir una helada es difícil pero conocer la predisposición de una determinada zona a este fenómeno es fundamental para poder analizar los medios que sean posibles para evitar sus efectos.

Por todo ello, el apartado de meteorología intenta proporcionar información útil al técnico agrario o agricultor para un mejor y más seguro desarrollo de su actividad profesional.

1. Datos Meteorológicos: permite la consulta de los parámetros meteorológicos registrados por las estaciones de la Red SIAR desde su puesta en marcha, en su mayor parte desde 2000. Se ofrece la posibilidad de obtener registros diarios o bien agrupados por semanas, meses o años. Los resultados podrán visualizarse gráficamente cuando la selección no abarque más de 3 estaciones. Para los registros semestrales, se deberá tener carácter de usuario autorizado.
2. Episodios Meteorológicos: Cuando concurren circunstancias meteorológicas de especial interés para la agricultura, se publicará un informe de los parámetros registrados durante el episodio. Estos comprenderán heladas, olas de temperaturas, vientos fuertes y lluvias intensas.
3. Cálculo de la Integral Térmica: permite obtener los grados día y la integral térmica de hasta 3 estaciones simultáneamente. Los resultados de la consulta se visualizan en pantalla y es posible su descarga vía ficheros xls, csv o txt. Dispone, asimismo, de una utilidad gráfica para facilitar la interpretación de los datos.
4. Cálculo de Horas Frío: permite obtener las horas frío de hasta 3 estaciones simultáneamente. Los resultados de la consulta se visualizan en pantalla así como su descarga vía ficheros xls, csv o txt. Dispone, asimismo, de una utilidad gráfica para facilitar la interpretación de los datos.

6

### Paso 1. Acceso datos históricos.

Para poder acceder a la consulta del registro histórico de los datos agroclimáticos se debe seleccionar sobre la pestaña de **Meteología**.

Figura 15: Logo de RIEGOSIVIA

En el cual podemos dentro de las necesidades de riego, tener una programación anual orientativa de lo que necesitamos regar cualquier cultivo.

La estación para extraer los datos que más próxima se localiza a nuestra comunidad de regantes de Las Cuevas en Utiel es la estación de Requena Cerito. La página web a través de la cual se accede a los datos de las estaciones es la siguiente: <http://riegos.ivia.es/>

En la siguiente **Figura 16**, podemos ver la gran variedad de opciones de las que se dispone:

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

**riegosivia**  
instituto valenciano de investigaciones agrarias

GENERALITAT VALENCIANA  
CONSELLERIA D'AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓ I AIGUA

Inicio | Investigación y transferencia | Red SIAR | Meteorología | **Necesidades de riego** | Servicios | Noticias y avisos

PROGRAMACIÓN ANUAL ORIENTATIVA

Provincia: -- Provincia -- Estación Propia [Seleccionar]

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input type="checkbox"/> Agost	Alicante	Agost	03/12/2002	04/12/2002	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Algemesí	Valencia	Algemesí	28/11/1999	07/03/2001	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Algimia de Alfara	Valencia	Algimia de Alfara	07/02/2017	07/02/2017	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Almoradí	Alicante	Almoradí	23/11/1999	24/11/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Altea	Alicante	Altea	30/11/1999	01/12/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Benavites	Valencia	Benavites	18/11/1999	20/12/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Benicarló	Castellón	Benicarló	31/05/2018	31/05/2018	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Benifaió	Valencia	Benifaió	21/10/1999	22/10/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Bolbaite	Valencia	Bolbaite	07/07/2008	30/08/2008	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Burriana	Castellón	Burriana	17/01/2001	18/01/2001	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Bélgida	Valencia	Bélgida	28/11/2013	27/11/2013	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Bétera	Valencia	Bétera	13/02/2008	12/02/2008	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Callosa d'en Sarrià	Alicante	Callosa d'En Sarrià	11/02/2010	18/02/2010	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Callosa d'en Sarrià (maila)	Alicante	Callosa d'En Sarrià	04/03/2010	02/03/2010	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Camp de Mirra	Alicante	El Camp de Mirra	10/11/1999	11/11/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Campo Arcís	Valencia	Requena	22/01/2001	21/12/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Carcaixent EEA	Valencia	Carcaixent	24/02/1999	25/02/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Carlet CE Coop	Valencia	Carlet	02/03/1999	02/03/1999	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Castelló Benadresa	Castellón	Castelló de la Plana	18/01/2001	20/02/2001	14/08/2023	Sin incidencias
<input type="checkbox"/> Catral	Alicante	Catral	24/11/1999	24/11/1999	14/08/2023	Sin incidencias

Figura 16: Elección de la estación en la página web de RiegosIVIA

Una vez hemos realizado este paso tenemos que elegir un tipo de cultivo. En primer lugar, haremos los cálculos para el Viñedo eligiendo específicamente la variedad Bobal.

El viñedo Bobal es un tipo de viñedo que se cultiva principalmente en la región de Utiel-Requena, en la provincia de Valencia, España. La Bobal es una variedad de uva autóctona de esta zona y se considera una de las variedades más importantes y representativas de la región. Las características del viñedo Bobal incluyen:

- **Variedad de uva:** La Bobal es una variedad de uva tinta, con racimos compactos y uvas de tamaño mediano a grande. Es conocida por tener una piel gruesa y un alto contenido de color y taninos.
- **Resistencia:** La variedad Bobal es conocida por ser resistente a las enfermedades y al clima extremo, lo que la hace adecuada para el cultivo en la región de Utiel-Requena, que experimenta veranos calurosos y largos y temperaturas invernales frías.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

- Crianza en barrica: Los vinos elaborados a partir de uvas Bobal a menudo se someten a crianza en barrica, lo que les confiere una estructura más compleja y aromas adicionales.
- Características organolépticas: Los vinos de Bobal suelen tener un color intenso y profundo, con notas de frutos rojos y negros maduros, especias y taninos suaves pero presentes.

El viñedo Bobal ha ganado reconocimiento en los últimos años, y los productores de vino han trabajado en elevar la calidad y promover las características distintivas de esta variedad. Los vinos de Bobal son apreciados tanto en el mercado nacional como internacional por su singularidad y personalidad.

PROGRAMACIÓN ANUAL ORIENTATIVA

Provincia: -- Provincia --  Estación Propia

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input checked="" type="checkbox"/> Requena Cerrito	Valencia	Requena	27/07/1999	19/01/2000	14/06/2023	Sin incidencias

Cultivo\* **Bobal MaxProd**

▲ PARCELA

Diámetro de copa\*  m

Marco de plantación\*  DP\* x  DF\* =  m<sup>2</sup>

▲ INSTALACIÓN DE RIEGO

Número de emisores por planta\*  emisores/planta

Caudal unitario (Qu)\*  litros/hora

Eficiencia de la Instalación (EA)  %

Coefficiente de parcela (CP)  %

▲ AGUA DE RIEGO

Salinidad (CE)  mS/cm - dS/m

▲ PARÁMETROS AUXILIARES

Área sombreada  m<sup>2</sup>

Porcentaje de área sombreada  %

Coefficiente de cultivo medio

Coefficiente de cultivo

Factor de modulación de dosis de riego  % teórico

Factor de precipitación efectiva (Fpe)  %

Fracción de lavado  %

▲ CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO

Utilizar precipitación  Si

Realizar cálculo

Figura 17: Calculo de la programación anual de riego orientativa para la Vid Bobal

Teniendo en cuenta datos como el marco de plantación, el número de emisores por planta y el factor de precipitación efectiva tenemos los siguientes resultados:

#### RESULTADOS

Mes	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego
Enero	31.26	0	0	25.9	25.09	18.82	0
Febrero	45.89	0	0	22.79	22.69	17.02	0
Marzo	77.45	0	0	45.14	42.35	31.76	0
Abril	103.71	0.149	15.45	49.42	47.34	35.51	0
Mayo	141.75	0.248	35.19	46.92	43.95	32.96	2.23
Junio	158.18	0.351	55.5	22.06	21.65	5.41	50.09
Julio	180.68	0.549	99.28	12.51	12.2	3.05	96.23
Agosto	161.29	0.549	88.62	20.18	20.13	5.03	83.59
Septiembre	104.09	0.401	41.69	44.29	44.29	11.07	30.82
Octubre	65.59	0.248	16.28	44.13	40.99	30.74	0
Noviembre	36.93	0.149	5.5	44.89	38.12	28.59	0
Diciembre	25.72	0	0	26.93	25.66	19.25	0
<b>TOTALES</b>	<b>1132.54</b>	<b>0.22</b>	<b>357.51</b>	<b>405.16</b>	<b>384.46</b>	<b>239.21</b>	<b>262.75</b>

Figura 18: Resultados sobre el riego de la Vid Bobal en los diferentes meses del año

En la Figura 18 tenemos los resultados de riego sobre la Vid Bobal para los diferentes meses del año. En la tabla podemos observar diferentes factores que van cambiando en función del mes del año en el que estamos haciendo el estudio y que modifican las necesidades de riego.

El procedimiento, en síntesis, estima las necesidades hídricas a partir de:

Las variables climatológicas que determinan la demanda evaporativa o evapotranspiración de referencia (ETo) y un factor ligado al cultivo, denominado coeficiente del cultivo (Kc).

De este modo, las necesidades hídricas o evapotranspiración del cultivo (ETc) se calculan como:

$$ETc = ETo * Kc$$

Ecuación 1: Ecuación para el cálculo de las necesidades hídricas

Naturalmente en la expresión anterior Ecuación 1, hay que considerar el efecto de la lluvia, en el caso de que ésta se produzca. La cantidad de lluvia que efectivamente es aprovechada por un cultivo es un valor muy difícil de parametrizar. Se han tenido en cuenta, por tanto, modelos

sencillos de estimación de la Precipitación Efectiva (**Pef**) para el cálculo de las Necesidades de Riego Netas.

$$\text{NRN} = \text{ETc} - \text{Pef}$$

*Ecuación 2: Ecuación para el cálculo de las Necesidades de riego Netas*



*Figura 19: Ejemplo de Viñedo Bobal en Utiel*

A partir de aquí, las Necesidades Brutas de Riego se obtienen teniendo en cuenta la Eficiencia de la Instalación y, en su caso, la Fracción de Lavado cuando haya que compensar con el manejo del riego, las consecuencias negativas de la utilización de aguas salinas.

La ETo y Precipitación se obtiene partir de la información proporcionada por las estaciones meteorológicas integradas en la Red SIAR.

En cuanto al Kc, se han recopilado e incorporado en el módulo de cálculo de necesidades de agua los coeficientes de los cultivos más representativos de la Comunidad Valenciana. Dichos coeficientes bien son fruto de trabajos publicados por diferentes centros de investigación agraria nacionales o resultan de planes de experimentación desarrollados en el IVIA durante los últimos años. De este modo, esta metodología permite obtener una estima bastante precisa de las necesidades de riego de la mayoría de las especies cultivadas en nuestro territorio.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

Por otro lado, vamos ahora a calcular las necesidades de riego Netas, pero para el Almendro:

En este caso los datos son diferentes cambiando valores como el Marco de plantación, el número de emisores o el Caudal por emisor. Los datos serían los siguientes:

**PROGRAMACIÓN ANUAL ORIENTATIVA**

Provincia: -- Provincia -- Estación Propia

Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input checked="" type="checkbox"/> Requena Cerrito	Valencia	Requena	27/07/1999	19/01/2000	14/06/2023	Sin incidencias

Cultivo\* **Almendro**

**PARCELA**

Diámetro de copa\*  m

Marco de plantación\*  DP\* x  DF\* =  m<sup>2</sup>

**INSTALACIÓN DE RIEGO**

Número de emisores por planta\*  emisores/planta

Caudal unitario (Qu)\*  litros/hora

Eficiencia de la Instalación (EA)  %

Coefficiente de parcela (CP)  %

**AGUA DE RIEGO**

Salinidad (CE)  mS/cm - dS/m

**PARÁMETROS AUXILIARES**

Área sombreada  m<sup>2</sup>

Porcentaje de área sombreada  %

Coefficiente de cultivo medio

Coefficiente de cultivo

Factor de modulación de dosis de riego  % teórico

Factor de precipitación efectiva (Fpe)  %

Fracción de lavado  %

**CÁLCULO DE NECESIDADES DE RIEGO**

Utilizar precipitación  Si

Realizar cálculo

Figura 20: Cálculo de la programación anual de riego orientativa para el almendro

Una vez introducidos los datos podremos realizar el cálculo de las necesidades de riego Netas para el almendro en los diferentes meses del año:



▲ RESULTADOS

Mes	ETo	Kc	ETc	P	Pu	Pe	Nec. riego
Enero	31.26	0	0	25.9	25.09	23.84	0
Febrero	45.89	0.112	5.15	22.79	22.69	21.58	0
Marzo	77.45	0.228	17.68	45.14	42.35	40.23	0
Abril	103.71	0.368	38.13	49.42	47.34	44.97	0
Mayo	141.75	0.449	63.63	46.92	43.95	41.75	21.88
Junio	158.18	0.522	82.64	22.06	21.65	20.57	62.07
Julio	180.68	0.546	98.59	12.51	12.2	11.59	87
Agosto	161.29	0.596	96.13	20.18	20.13	19.12	77
Septiembre	104.09	0.464	48.34	44.29	44.29	42.08	6.26
Octubre	65.59	0.325	21.32	44.13	40.99	38.94	0
Noviembre	36.93	0.255	9.43	44.89	38.12	36.21	0
Diciembre	25.72	0	0	26.93	25.66	24.38	0
<b>TOTALES</b>	<b>1132.54</b>	<b>0.322</b>	<b>481.05</b>	<b>405.16</b>	<b>384.46</b>	<b>365.24</b>	<b>254.22</b>

Figura 21: Cálculo de la programación anual de riego orientativa para el almendro

En la Figura 21 tenemos los resultados de riego sobre el Almendro para los diferentes meses del año. En la tabla podemos observar diferentes factores que van cambiando en función del mes del año en el que estamos haciendo el estudio y que modifican las necesidades de riego.

La parte de nuestro estudio tiene que regar parcelas diferentes. Por un lado, nos encontramos con parcelas de Viña y por otro lado de Almendro.

Por un lado, la parcela del almendro tiene una superficie de 4.618.448,04 m<sup>2</sup> y en el caso de la viña tendríamos 5.103.345,83 m<sup>2</sup>.

Por lo que en resumen tenemos el siguiente volumen de riego:

Variedad de cultivo	M <sup>3</sup> de riego
Almendro	401.804,98 m <sup>3</sup>
Viña	491.094,97 m <sup>3</sup>

Tabla 2: Tabla resumen con los m<sup>3</sup> de riego

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

---

Las necesidades de riego en el mes más desfavorable sería en Julio que es de 87 mm para el almendro y de 96,23 mm para el viñedo. Teniendo esto en consideración, podemos sacar los volúmenes totales mensuales que tenemos que aprovisionar a nuestro riego para satisfacer las necesidades.

Variedad de cultivo	Volumen de riego mes de Julio (m <sup>3</sup> )
Almendro	42.295,26
Viña	51.694,20
Total	93.989,47

*Tabla 3: Tabla resumen con el Volumen de riego en el mes de Julio*

Sabemos que el volumen de la balsa tanto de Morenas y Bicuerca I es de 19 millones de m<sup>3</sup> y la de Bicuerca II es de 11,4 millones por lo que no tendremos ningún problema para abastecer nuestros cultivos.

Asumiendo que el riego y el vacío de las balsas se hace de forma equitativa las veces que se tienen que llenar las balsas sería:

$$\frac{93.989.470}{(19.000.000 + 19.000.000 + 11.400.000)} \times 1,2 = 2,28 \text{ veces}$$

*Ecuación 3: Calculo del numero de veces que se tienen que llenar las balsas*

En la [Ecuación 1](#) en la parte del Denominador hemos integrado el numero total de litros que se necesitan para poder regar todos los cultivos durante el mes de Julio. En la parte del denominador

De esta manera sería suficiente para que se abastezca todo el cultivo durante el mes de Julio.

## 4. Metodología en el diseño de una instalación fotovoltaica para la comunidad de regantes de las Cuevas

El primer paso para realizar este diseño sería el de realizar un estudio de las bombas y de la instalación actual para garantizar la viabilidad de la esta. A continuación, se va a realizar una auditoria energética de la estación de bombeo de la comunidad de regantes de las Cuevas.

### 4.1 Explicación de la auditoria energética

La auditoría energética es una herramienta que nos permite conocer el consumo real energético y nos permite conocer las medidas para reducirlo y todas las posibilidades de ahorro que tenemos.

El ahorro de energía y la eficiencia que va a tomar es una cuestión que resulta clave para las empresas e instituciones públicas y también para las viviendas que son privadas. Contamos con multitud de herramientas que nos permiten lograr llevar a cabo una auditoria energética mediante la cual analizamos y diagnosticamos el flujo de energía de un determinado inmueble, instalación, industria o procedimiento para determinar el consumo y las opciones que tenemos para reducirlo, con lo que todo esto conlleva en cuanto a ahorro económico y energético.

### 4.2 Procedimiento para realizar una auditoria energética

Para poder llevar a cabo una auditoria energética hay que seguir una serie de procedimientos entre los que se encuentran:

- Planificación y recopilación de la información: Es una pieza clave y es el punto de partida ya que es necesario planificar tanto los tiempos, como el proceso y los objetivos. Para ello hay que recopilar la mayor cantidad de información que sea posible tanto en el ámbito de la construcción como desde el punto de vista energético.
- Entrevista con los dueños y los responsables: Se tiene que acceder a la información básica como es el año de la construcción, la superficie total, las temperaturas de las zonas donde se ubica, las características de trabajo que se realizan en él.
- Visita real: Se tiene que realizar una inspección visual y comprobar el estado de las instalaciones. En este caso sería muy recomendable ir acompañado de algún responsable de mantenimiento, para de esta manera conocer la situación de toda la instalación.

Cuestionario a los usuarios: De esta manera podremos conocer el confort térmico. En el caso de tratarse de una industria o similar, debemos saber las condiciones de trabajo y como pueden influir las diferentes cadenas de producción en ello.

Simulación del comportamiento energético: Se realiza una simulación que nos de unos datos aproximados del comportamiento energético de la instalación

En último lugar se realizaría un informe preliminar por parte del auditor.

A continuación, realizaremos una auditoria energética en la que tendremos en cuenta varios factores como el consumo específico, el coste específico teórico, el rendimiento de la estación de bombeo y el rendimiento general de la instalación que nos permitirá hacer una clasificación.

#### 4.4 Resultados de la auditoria

Mediante la última factura de la comunidad de regantes de Las Cuevas, correspondiente al mes de Julio, podemos observar la potencia que se tiene contratada :

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

DATOS RELACIONADOS CON SU SUMINISTRO		
Número de contrato: <b>554718443</b> Empresa distribuidora: <b>I-DE, Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.</b> Número de contrato de acceso: <b>0406041192</b> Identificación punto de suministro (CUPS): <b>ES 0021 0000 1126 6925 ZG</b> Forma de pago: <b>DOMICILIACION BANCARIA</b> Entidad: <b>CAJA RURAL INTERMEDITERRANEA</b> IBAN: <b>ES73 3058 7015 7427 1000 ****</b> BIC: <b>CCRIES2AXXX</b> Código de mandato: <b>201924460000</b> **** Ocultos para su seguridad	Tipo discriminación horaria: <b>TGPAT</b> Potencia contratada: <b>PC1: 196 kW PC2: 196 kW PC3: 196 kW PC4: 196 kW PC5: 196 kW PC6: 196 kW</b> Peaje de acceso a la red (ATR): <b>6.ITD</b> Precios de peajes de acceso: <b>B.O.E. del 22/12/2022</b> Duración de contrato hasta: <b>30/09/2023</b>	
CONOZCA AL DETALLE SU FACTURACIÓN Y CONSUMOS		
<b>ENERGÍA</b>		
Energía Precio horario	64.036 kWh x 0,106633 €/kWh	6.828,35 €
<b>TOTAL ENERGÍA</b>		<b>6.828,35 €</b>
<b>TARIFA DE ACCESO</b>		
Potencia facturada peajes	P1 196 kW x 31 días x 0,052352 €/kW día P2 196 kW x 31 días x 0,049072 €/kW día P3 196 kW x 31 días x 0,024453 €/kW día P4 196 kW x 31 días x 0,019612 €/kW día P5 196 kW x 31 días x 0,001387 €/kW día P6 196 kW x 31 días x 0,001387 €/kW día	318,09 € 298,16 € 148,58 € 119,16 € 8,43 € 8,43 €
<b>Total términos de potencia peajes hasta 31/07/2023</b>		<b>900,85 €</b>
Potencia facturada (cargos)	P1 196 kW x 31 días x 0,010566 €/kW día P2 196 kW x 31 días x 0,005288 €/kW día P3 196 kW x 31 días x 0,003842 €/kW día P4 196 kW x 31 días x 0,003842 €/kW día P5 196 kW x 31 días x 0,003842 €/kW día P6 196 kW x 31 días x 0,001761 €/kW día	64,20 € 32,13 € 23,34 € 23,34 € 23,34 € 10,70 €
<b>Total importes de potencia (cargos) hasta 31/07/2023</b>		<b>177,05 €</b>
Energía facturada peajes	P1 21.019 kWh x 0,018036 €/kWh P2 14.027 kWh x 0,014354 €/kWh P6 28.990 kWh x 0,000362 €/kWh	379,10 € 201,34 € 10,49 €
<b>Total términos energía peajes hasta 31/07/2023 (64.036 kWh)</b>		<b>590,93 €</b>
Energía facturada (cargos)	P1 21.019 kWh x 0,013305 €/kWh P2 14.027 kWh x 0,009856 €/kWh P6 28.990 kWh x 0,001064 €/kWh	279,66 € 138,25 € 30,85 €
<b>Total importe energía facturada (cargos) hasta 31/07/2023</b>		<b>448,76 €</b>
Energía reactiva	P1 2.259,73 kVarh x 0,041554 €/kVarh P2 1.570,09 kVarh x 0,041554 €/kVarh	93,90 € 65,24 €
<b>Total energía reactiva hasta 31/07/2023</b>		<b>159,14 €</b>
Exceso de potencia		1,128,99 €
<b>TOTAL TARIFA DE ACCESO</b>		<b>3.405,72 €</b>
Financiación bono social fijo	31 días x 0,038455 €/día	1,19 €
Impuesto sobre electricidad	64.036 kWh x 0,0005 €/kWh	32,02 €
<b>IMPORTE TOTAL</b>		<b>10.267,28 €</b>
<b>IVA</b>	<b>21% s/10.267,28 €</b>	<b>2.156,13 €</b>
<b>TOTAL IMPORTE FACTURA</b>		<b>12.423,41 €</b>

Figura 22: Factura de la comunidad de regantes de las Cuevas

En la [Figura 22](#) podemos observar los datos detallados de una factura de la comunidad de regantes de Las Cuevas en el mes de Julio. Como hemos comentado anteriormente, el mes de Julio es el mes más desfavorable.

En la factura podemos ver que tienen contratados para los 6 pozos una potencia de 196 kW.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

---

Estos pozos tienen a su vez 5 bombas, de los que se van a calcular los rendimientos de estos, para poder determinar la calificación energética de la eficiencia de los bombeos.

Bomba	Energía anual (kWh)	Demanda anual (m <sup>3</sup> )	Consumo específico real(kWh/m <sup>3</sup> )	Consumo específico objetivo (kWh/m <sup>3</sup> )	Rendimiento de la estación de bombeo
1	48.267	200.150	0,276	0,185	67%
2	45.378	203.307	0,253	0,157	62%
3	46.987	163.562	0,287	0,194	68%
4	54.363	293.567	0,239	0,177	74%
5	48.907	203.567	0,218	0,155	71%
Total	<b>253.876</b>	<b>1.117.835</b>	<b>0,227</b>	<b>0,189</b>	<b>70%</b>

*Tabla 4: Rendimiento de cada estación de bombeo de la instalación*

Por un lado, tenemos en la [Tabla 4](#), las diferentes bombas localizadas en los pozos, los cuales tienen un gasto de energía anual que se expresa en kWh. Hemos asumido que las bombas trabajan de manera simultánea, pero al tener diferentes potencias de impulsión del agua, estando el mismo tiempo de funcionamiento, cada una impulsa un caudal diferente hasta llegar a impulsar la demanda anual necesaria para el riego de toda la superficie de la comunidad de regantes.

Una vez tenemos estos valores y si comparamos el consumo específico real de cada bomba y el consumo específico objetivo obtenemos el rendimiento de la estación de bombeo.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

De esta manera podremos realizar una calificación energética de la eficiencia de los bombeos.

Calificación	Descripción	Especificaciones
A	Eficiencia excelente	$EEB > 65\%$
B	Eficiencia buena	$60\% \leq EEB \leq 65\%$
C	Eficiencia normal	$50\% \leq EEB \leq 60\%$
D	Eficiencia aceptable	$45\% \leq EEB \leq 50\%$
E	Eficiencia no aceptable	$EEB < 45\%$

Figura 23: Calificación energética de la eficiencia de los bombeos

La calificación energética individual de cada bombeo se utilizará para conocer en qué bombeo se debe actuar para proponer las medidas correctoras oportunas. Un objetivo alcanzable es trabajar con eficiencias energéticas de bombeos del orden del 60%.

EEB representa la Eficiencia Energética de los bombeos del sector hidráulico o toda la comunidad de regantes,  $kWh_i$  son los kilovatios hora anuales consumidos por el bombeo  $i$ ,  $EE_i$  es la eficiencia energética del bombeo  $i$  y  $kWh_T$  son los kilovatios hora anuales consumidos por todos los bombeos.

Según podemos observar en los cálculos, la calificación energética de las bombas sería la siguiente:

Grupo de bombeo	Rendimiento	Calificación energética
1	67%	A
2	62%	B
3	68%	A
4	74%	A
5	71%	A

Tabla 5: Calificación energética de las bombas de la Comunidad de regantes

Como se observa en la [Tabla 5](#) la calificación energética de los grupos de bombeo es en la mayoría de los casos de A. Excepto el grupo de bombeo 2 que tiene una calificación energética de B. Por ello podemos concluir que el rendimiento de nuestros grupos de bombeo es muy bueno.

## 5. Diseño de la instalación de bombeo fotovoltaica

En este apartado, se va a realizar el diseño de la instalación de bombeo fotovoltaica para cubrir las necesidades de riego de la comunidad de regantes de las Cuevas. Para su diseño, se tendrá en cuenta el mes más desfavorable que es el de Julio

### 5.1 Estudio de la irradiancia en la ubicación geográfica

Con el propósito de adquirir la información acerca de la cantidad de energía solar que se encuentra disponible en nuestras instalaciones a lo largo del año, emplearemos la plataforma europea conocida como Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS, 2019).

Utilizaremos el enfoque del mes más desfavorable para dimensionar nuestro sistema fotovoltaico. En este caso, el mes más desfavorable es aquel que tiene mayor diferencia entre la potencia demandada y la irradiancia. Esto se debe a que, si logramos cumplir con los objetivos en el mes más desfavorable en términos de radiación solar, cumpliremos con los objetivos en los demás meses. Además, examinaremos los datos de radiación correspondientes a esos meses al variar el ángulo de inclinación de los paneles solares, con el fin de determinar el ángulo óptimo para nuestro caso de estudio.

Como hemos comentado anteriormente los datos geográficos de nuestras instalaciones son los siguientes:

-Latitud: N39°34'0.01"

-Longitud: O1°12'0"

-Altitud: 720 metros

Una aproximación para el cálculo de ángulo óptimo sería:

$$\text{Inclinación óptima (fija todo el año)} = 3,1 + \text{LATITUD} \cdot 0,76$$

*Ecuación 4: Inclinación óptima*

En el caso de que metamos nuestros datos de la comunidad de regantes de Utiel:



## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

*Inclinación óptima (fija todo el año) =  $3,1 + 39,34 \cdot 0,76 = 32,99^\circ$*

Con esto tendríamos una aproximación de la inclinación óptima,

La época más crítica del año sería en los meses de verano, para ello tenemos que hacer un cálculo de la inclinación óptima en verano:

*Inclinación óptima verano = Inclinación óptima -  $20^\circ = 33,05 - 20 = 12,99^\circ$*

Para poder obtener los datos de irradiancia utilizaremos la página de PVGIS a partir de la cual se estudiarán diferentes ángulos de inclinación para ver si nuestros cálculos han sido los correctos:

En este caso para que el estudio sea lo más preciso posible y dado que el ángulo de inclinación óptima para verano nos había resultado de 12,99%, realizaremos el estudio de irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de este porcentaje, además de un ángulo ligeramente por encima y ligeramente por debajo.

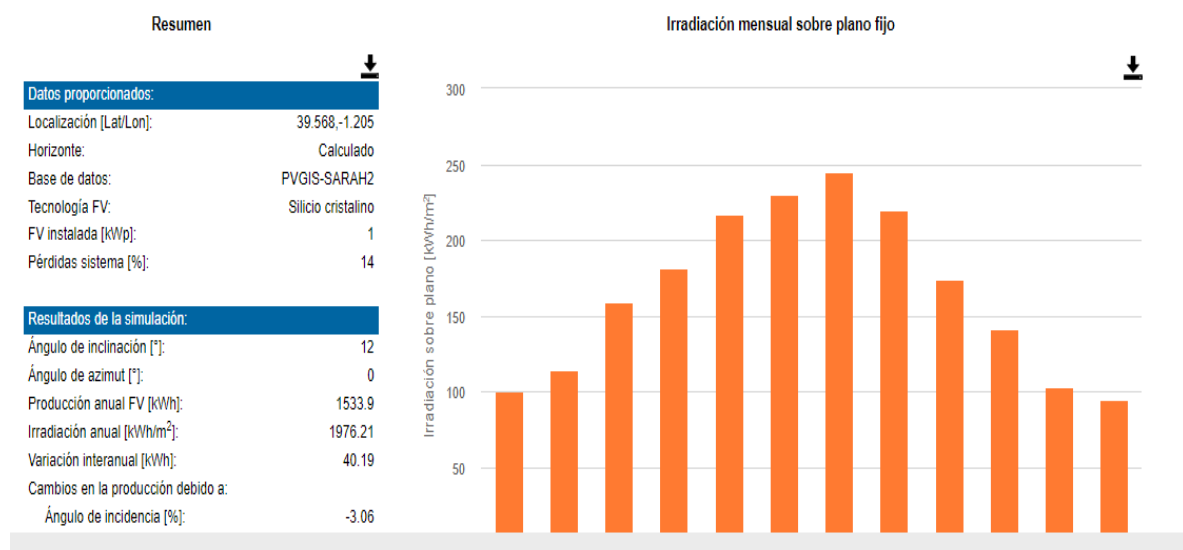


Figura 24: Irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de 12 grados

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

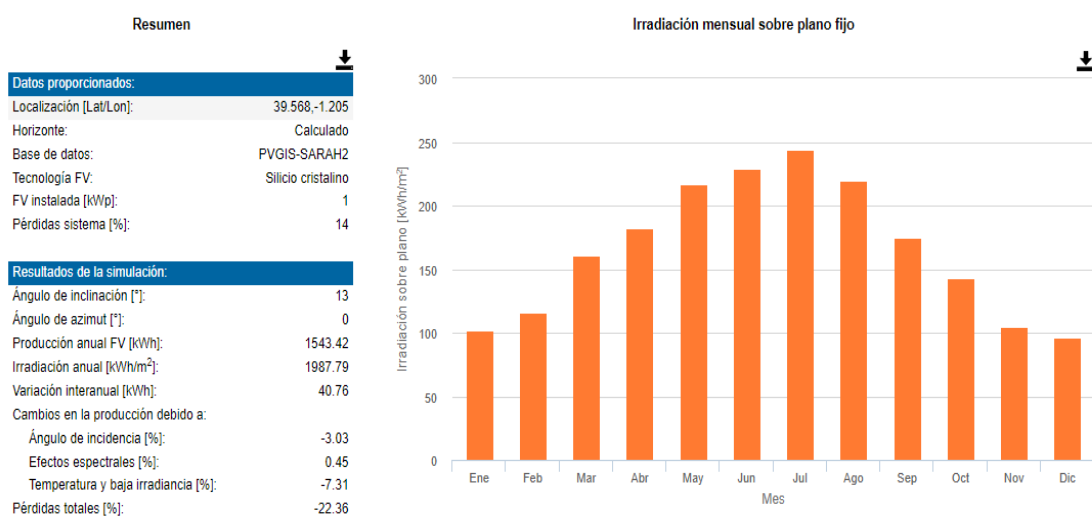


Figura 25: Irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de 13 grados

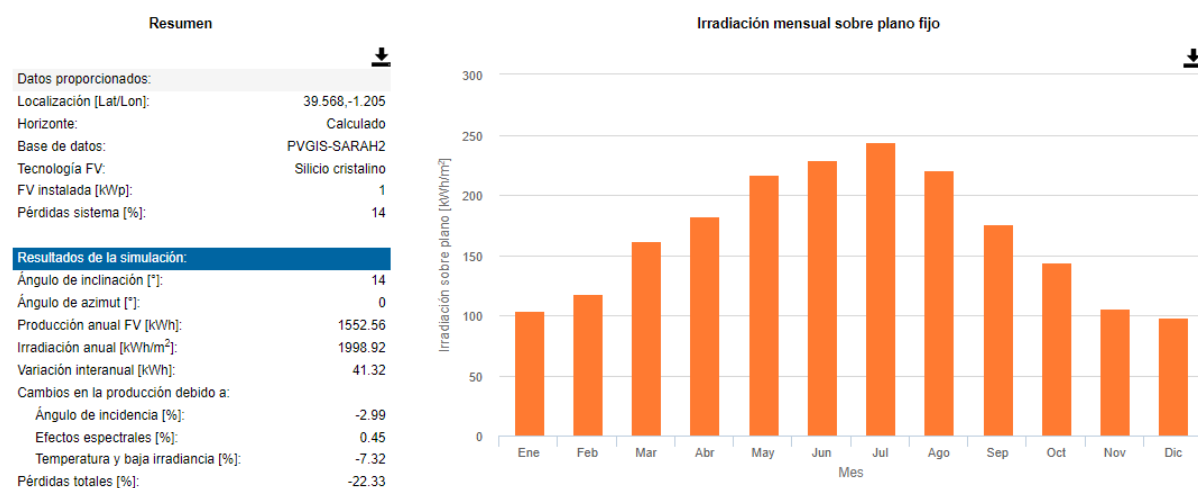


Figura 26: Irradiancia recibida para un ángulo de inclinación de 14 grados

Podemos ver que en este caso que el mes más desfavorable del mes de verano en el que hay mayor diferencia entre la potencia demandada y la irradiancia es el mes de Julio, por lo que consideraremos este mes como el más desfavorable.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

A continuación, podemos observar los datos de potencia demandada en este mes que hemos considerado como el más desfavorable:

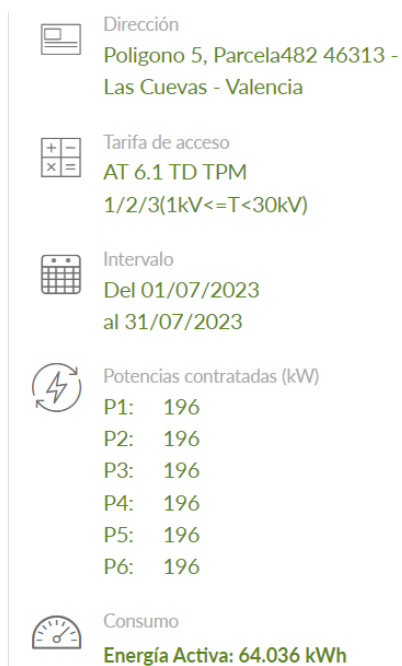


Figura 27: Consumo Las Cuevas mes de Julio

Ahora, dividiendo los valores de energía obtenidos entre el número de días del mes y 1000 W/m<sup>2</sup>, se obtendrá las Horas Solar Pico (HSP).

IRRADIANCIA en HSP (H/día)			
Mayo	6,67	Horas de sol/día	14,1

Tabla 6: Irradiancia en HSP mes de Julio

Estos datos se han recogido para el año 2022.

## 5.4 Estudio alternativo de la irradiancia en la ubicación geográfica mediante Homer Pro

Con el objetivo de tener una mayor precisión en este estudio, se ha realizado un estudio alternativo con otro programa para poder comparar resultados y elegir la opción más precisa.

HOMER Pro-Energy es una empresa y una herramienta de software especializada en la evaluación y optimización de sistemas energéticos híbridos y descentralizados. El nombre "HOMER" es un acrónimo de Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources, lo que en español significa Optimización Híbrida de Múltiples Recursos Energéticos.

HOMER Energy desarrolló el software HOMER (también conocido como HOMER Pro), que es ampliamente utilizado en la industria energética para el análisis y diseño de sistemas de energía autónomos o conectados a la red. Este software permite modelar y simular sistemas híbridos que combinan múltiples fuentes de energía, como energía solar, eólica, hidroeléctrica, diésel, baterías y otras tecnologías de almacenamiento energético.

La herramienta HOMER ayuda a los profesionales y planificadores energéticos a tomar decisiones informadas sobre la configuración y dimensionamiento óptimo de sistemas energéticos, considerando factores como la demanda energética, los recursos disponibles, los costos y los objetivos específicos del proyecto. Ofrece análisis detallados de costos, generación de energía, almacenamiento y balance energético, así como la posibilidad de evaluar escenarios y optimizar el rendimiento de los sistemas.

HOMER Energy también brinda servicios de consultoría y capacitación en el campo de los sistemas energéticos híbridos, y ha sido utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde el suministro hasta el diseño de sistemas fotovoltaicos.

A continuación, podemos ver las opciones con las que cuenta el programa:

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

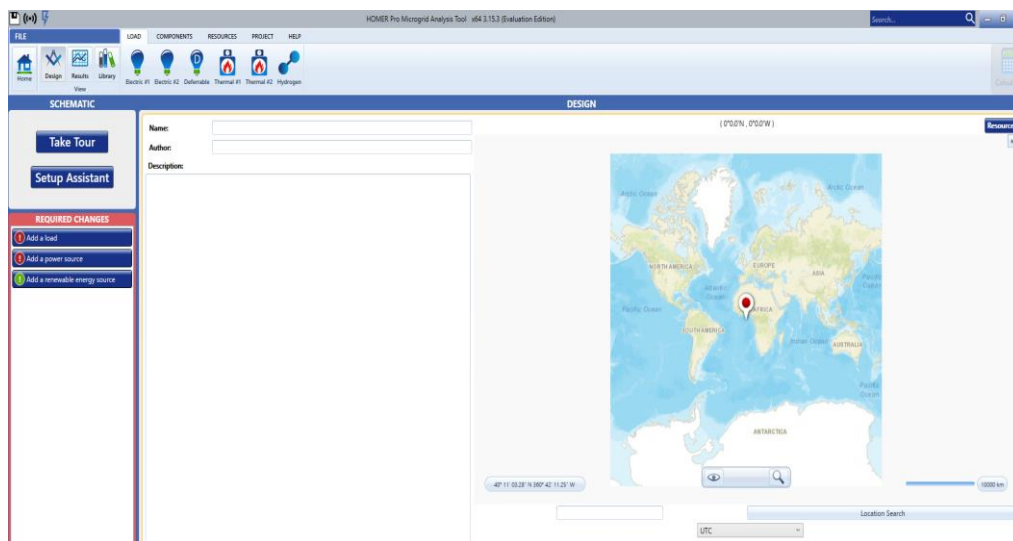


Figura 28: Programa y ventana de inicio de HOMER ENERGY

Lo primero será localizar la posición de nuestra comunidad de regantes [Figura 29](#) en el municipio de Utiel.



Figura 29: Localización exacta de la comunidad de regantes de Las Cuevas en el programa HOMER PRO

Este programa utiliza por defecto el dólar estadounidense, entonces tenemos que elegir la moneda local [Figura 30](#) de nuestro municipio, que en este caso son Euros.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

### ECONOMICS \$

Nominal discount rate (%):	8.00	(-)
Expected inflation rate (%):	2.00	(-)
Project lifetime (years):	25.00	(-)
System fixed capital cost (€):	0.00	(-)
System fixed O&M cost (€/yr)	0.00	(-)
Capacity shortage penalty (€/kWh):	0.00	(-)

Currency: Euro (€)

Figura 30: Elección de la moneda euro para el cálculo de la instalación fotovoltaica

Una vez tenemos nuestra localización puesta, la aplicación nos da la posibilidad de calcular la irradiancia:

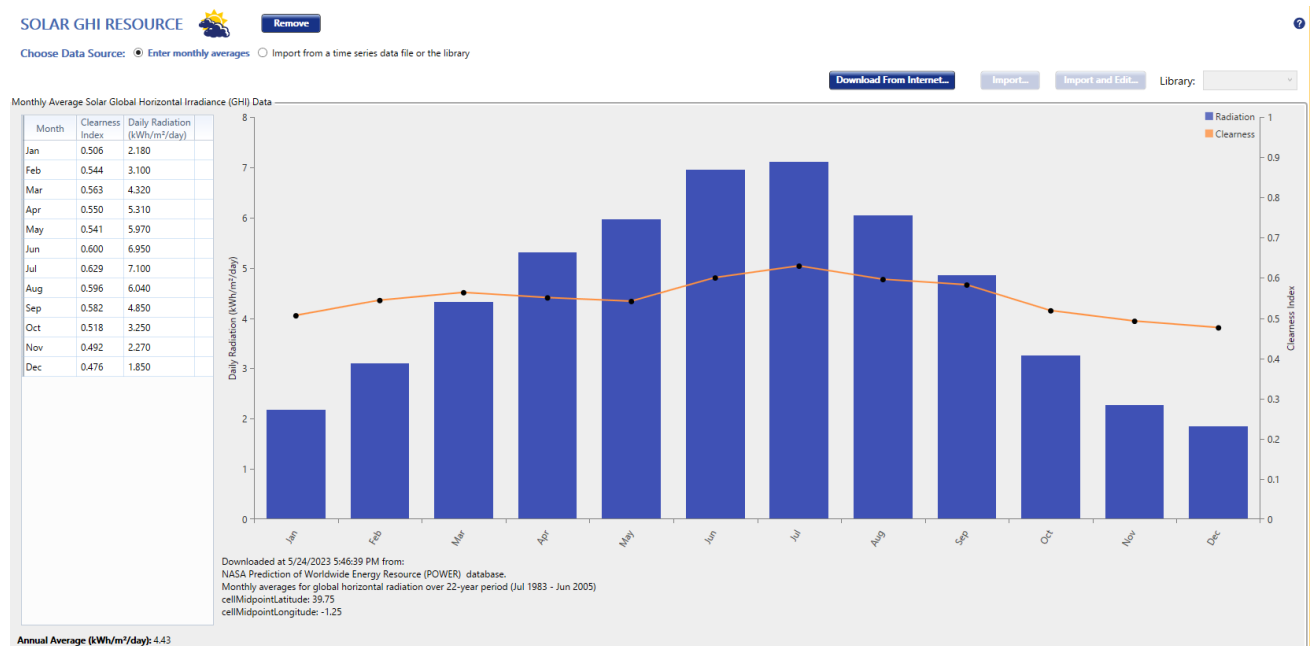


Figura 31: Irradiancia calculada mediante el programa de HOMER ENERGY

Podemos ver que los datos que nos da el programa y los que habíamos buscado mediante Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS, 2019), son muy similares, por lo que son fiables a la hora de realizar nuestro diseño.

## 5.5 Estudio del consumo energético de la estación de bombeo

Los pasos para realizar serían los de mirar las facturas del mes más desfavorable para ver si el rendimiento de las bombas es el adecuado. Si no es necesario cambiar la estación de bombeo realizaremos con los datos que hemos recopilado el diseño de la estación fotovoltaica teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos para los meses más restrictivos.

Mirando las facturas, tenemos que durante el mes de Julio el consumo ha sido de 12.423 Euros. Este importe además de la energía que hemos consumido por los grupos de bombeo también incluye otros gastos como es el de la energía contratada y los impuestos.

Para ver cuál es el rendimiento de la bomba, calculamos cual es el volumen total de agua que han trasegado y el consumo teórico que tendría si las bombas tuvieran un rendimiento optimo. Este valor lo compararemos con el consumo que en realidad hemos tenido.

En primer lugar, tenemos que el volumen que vamos a trasegar seria de 93.989,47 Metros cúbicos que teniendo en cuenta que tenemos 5 bombas y cada una de ellas trasiega de media 300 metros cúbicos por hora teniendo en cuenta que su rendimiento es de alrededor del 80 %, nos daría que tendrían que estar funcionando durante el mes de Julio 62,66 horas lo que supondrían 63 horas.

$$93.989,47 \text{ m}^3 / 5 \text{ bombas} / 300 \text{ metros cúbicos por bomba} = 62,66 \text{ horas} = \mathbf{63 \text{ horas}}$$

*Ecuación 5: Calculo de las horas de funcionamiento de nuestro grupo de bombeo*

Las bombas tienen un consumo efectivo medio de 170,56 KW por hora cuando están funcionando por lo que:

$$170,56 \text{ KW} \times 5 \text{ bombas} \times 63 \text{ horas} = \mathbf{53.726,4 \text{ KW}}$$

*Ecuación 6: Calculo del consumo teórico de la estación de bombeo*

Según la factura que tenemos de la Comunidad de regantes de Las Cuevas y teniendo en consideración que únicamente tienen conectadas las estaciones de bombeo a la red, durante el mes de Julio han tenido un consumo de 64.036 KW.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

Comparando el resultado teórico y el resultado real nos damos cuenta de que la diferencia es mínima ya que nos da un consumo superior en un **16%** de KW durante el mes de mayor necesidad.

Por lo que no sería necesario cambiar la estación de bombeo.

### 5.6 Dimensionamiento de las placas solares a 25 grados de inclinación

Una vez ya tenemos todos los datos lo primero que tenemos que hacer es mirar en la tabla anterior las horas solares pico que tenemos para el mes en el que queremos hacer el estudio que sería:

#### 5.6.1 Mes de dimensionado y configuración del generador FV

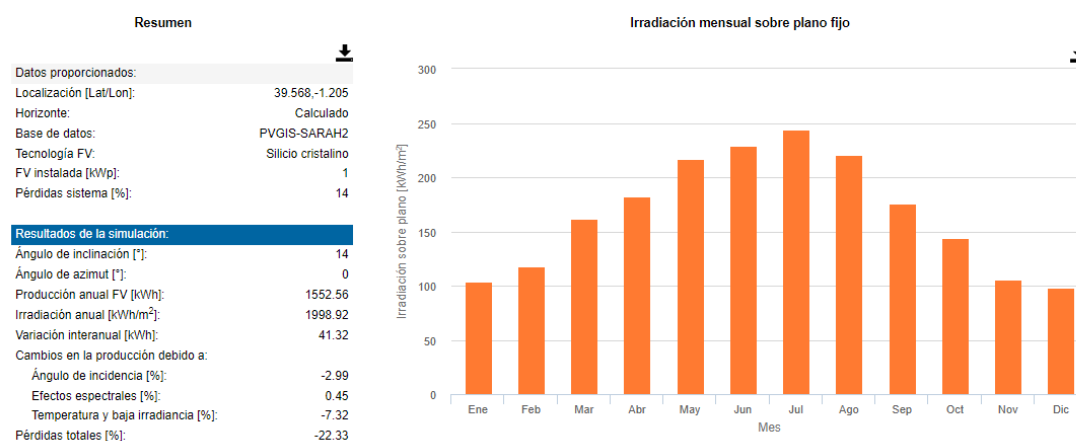


Figura 32: irradiancia mensual del mes de Julio

Ahora, dividiendo los valores de energía obtenidos entre el número de días del mes y 1000 W/m<sup>2</sup>, se obtendrá las Horas Solar Pico (HSP).

IRRADIANCIA en HSP (H/día)			
Julio	6,89	Horas de sol/día	14,9

Tabla 7: Irradiancia en HSP en el mes de Julio

Teniendo unos 6,89 KWh/ día y teniendo por defecto un rendimiento del 86% tenemos una irradiancia de **5,93 KWh/ día**.



### 5.6.2 Dimensionar y configurar el generador FV

Tenemos una irradiancia de **5,93 KWh/ día** y para el mes más desfavorable, las necesidades diarias que necesitamos de bombeo serian de:

$$\text{- Energía hidráulica} = 9810 \frac{N}{m^3} \times V(m^3) \times H(m) \times \frac{1}{3600} = 9810 \frac{N}{m^3} \times 3.031,91 \frac{m^3}{día} \times 70(m) \times \frac{1}{3600} = \mathbf{578.163,25 \frac{Wh}{día}}$$

*Ecuación 7: Calculo de la energía hidrulica diaria necesaria*

En la [Ecuación 7](#), se calcula la energía hidráulica en Wh por día.

Una vez que tenemos este dato y asumiendo un rendimiento de un 40% se calcula la energía eléctrica que debería suministrar el generador FV.

$$\text{Energía Eléctrica} = \frac{578.163,25}{0,4} = \mathbf{1.445,40 \frac{Kwh}{día}}$$

*Ecuación 8: Calculo de la energía eléctrica diaria*

Para poder considerar la potencia pico consideraremos un PR de alrededor de un 0,70.

$$P_{pico} = \frac{E_{electr}}{PR \times HSP} = \frac{1.445,40}{0,7 \times 5,93} = \mathbf{348,29 KWP}$$

*Ecuación 9: Calculo de la potencia Pico*

En la [Ecuación 9](#) calculamos la Potencia pico dividiendo el valor de Energía eléctrica calculada anteriormente entre la irradiancia teniendo en cuenta un PR de 0,7.

La placa solar que hemos elegido seria la siguiente:

Mechanical Data	
Technology:	Monocrystalline (Mono)
Dimensions:	77.20 x 39.10 x 1.57 inches (CS6U-340M Dimensions)
Weight:	49.40 lbs
Cells:	72 Mono Cells (6x12)
Front Cover:	3.2mm Tempered Glass
Frame Material:	Anodized Aluminum Alloy
J-Box:	IP67, 3 Diodes
Cable:	PV1500DC-F1 4 mm <sup>2</sup> (IEC) & 12 AWG 2000 V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector:	T4-1000V or PV2 Series
Per Pallet:	26 pieces, 1400 lbs
Per Container (40' HQ):	624 Pieces
Module Efficiency:	17.49%
Operating Temperature:	-40°C to +85°C
Module Fire Performance:	Type 1 (UL 1703) or Class C (IEC 61730)
Application Classification:	Class A
Power Tolerance:	0 - +5W

Electrical Data	
Nominal Maximum Power (P <sub>max</sub> ):	340 Watts
Optimum Operating Voltage (V <sub>mp</sub> ):	37.9 Volts
Optimum Operating Current (I <sub>mp</sub> ):	8.97 Amps
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> ):	46.2 Volts
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> ):	9.48 Amps
Module Efficiency:	17.49%
Maximum System Voltage:	1500V (IEC) or 1500V (UL)
Max Series Fuse Rating:	15 Amps

Tabla 8: Características técnicas CanadianSolar MaxPower CS6U-340M seleccionado

Se elige este panel principalmente debido a su alta eficiencia y bajo coste para la potencia proporcionada.

Tiene una potencia de 340W y 37,9 Voltios por lo que:

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

$$\text{Número de módulos: } \frac{348.290}{340} = 1024,38 \text{ módulos} = 1.025 \text{ módulos}$$

*Ecuación 10: Calculo del número de módulos a instalar*

En la [Ecuación 10](#) habiendo obtenido la potencia pico y la potencia de cada placa podemos calcular el número de módulos a instalar.

### 5.7.3 Inversores

Como el inversor tiene una entrada máxima de voltaje y de intensidad vamos a calcular el número de paneles que podemos tener tanto en serie como en paralelo.

Se busca un inversor que sea capaz de soportar todo el suministro eléctrico que proviene del parque fotovoltaico dimensionado, en otras palabras, que sea capaz de procesar toda la tensión e intensidad que llega a su entrada.

Technical data and types	
<b>Type code</b>	PVS-175-TL
<b>Input side</b>	
Absolute maximum DC input voltage ( $V_{max,dc}$ )	1500 V
Start-up DC input voltage ( $V_{start}$ )	750 V (650...1000 V)
Operating DC input voltage range ( $V_{dorm}...V_{dormax}$ )	0.7 x $V_{start}$ ...1500 V (min 600 V)
Rated DC input voltage ( $V_{dc}$ )	1100 Vdc
Rated DC input power ( $P_{dc}$ )	188000 W @ 30°C - 177000 W @ 40°C
Number of independent MPPT	12
MPPT input DC voltage range ( $V_{MPPTmin}...V_{MPPTmax}$ ) at $P_{dc}$	850..1350 V
Maximum DC input current for each MPPT ( $I_{MPPTmax}$ )	22 A
Maximum input short circuit current for each MPPT ( $I_{SCmax}$ )	30 A
Number of DC input pairs for each MPPT	2 DC inputs per MPPT
DC connection type	PV quick fit connector <sup>1)</sup>
<b>Input protection</b>	
DC Series Arc Fault Circuit Interrupter <sup>2)</sup>	Type I acc. to UL 1699B with single-MPPT sensing capability
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes, 2 (S/S2 version only)
Input over voltage protection for each MPPT - replaceable surge arrester	Type 2 with monitoring (SX/SX2 version only)
Photovoltaic array isolation control (insulation resistance)	Yes, acc. to IEC 62109-2
Residual Current Monitoring Unit (leakage current protection)	Yes, acc. to IEC 62109-2
DC Load Breaking Disconnect Switch (rating for each MPPT)	20 A/1500 V - 35 A/1250 V - 50 A/1000 V
Fuse rating	N/A, No fuses
String current monitoring	MPPT-level current sense
<b>Output side</b>	
AC Grid connection type	Three phase 3W+PE (TN system)
Rated AC power ( $P_{ac}$ @ $\cos\phi=1$ )	175 000 W @ 40°C
Maximum AC output power ( $P_{acmax}$ @ $\cos\phi=1$ )	185 000 W @ $\leq 30^\circ\text{C}$
Maximum apparent power ( $S_{max}$ )	185 000 VA
Rated AC grid voltage ( $V_{ac}$ )	800 V
AC voltage range	(552...960) <sup>3)</sup>
Maximum AC output current ( $I_{ac,max}$ )	134 A
Rated output frequency ( $f_r$ )	50 Hz/60 Hz
Output frequency range ( $f_{min}...f_{max}$ )	45...55 Hz/55...65 Hz <sup>3)</sup>
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, 0...1 inductive/capacitive with maximum $S_{max}$
Total current harmonic distortion	< 3%
Max DC current injection (% of $I_n$ )	< 0.5% $I_n$
Maximum AC Cable outer diameter / multi core	1 x 53 mm (1 x M63 cable gland)
Maximum AC Cable outer diameter / single core	3 x 32 mm (3 x M40 cable gland)
AC connection type <sup>4)</sup>	Copper Busbar for lug connections with M10 bolts (included)
<b>Output protection</b>	
Anti-islanding protection	According to local standard
Maximum external AC overcurrent protection	200 A
Output overvoltage protection - replaceable surge protection device	Type 2 with monitoring

*Figura 33: Inversor que se va a utilizar para conectar los paneles*

#### 5.7.4 Configuración del generador FV

El número de módulos conectados en serie deber ser tal, que, en las condiciones más desfavorables previstas, la tensión V del generador este dentro del rango de funcionamiento del MPPT del inversor.

- **Número máximo de módulos en serie:**

$$V_p, \text{ max } 20 \text{ grados} = 37,4 \times \left(1 + \frac{\alpha}{100} \times (20 - 25)\right) = 37,4 \times \left(1 + \frac{0,32}{100} \times (20 - 25)\right) = 37,6 \text{ V}$$

*Ecuación 11: La tensión máxima a 20 grados de los módulos en serie*

$$\text{Número máximo de módulos en serie} = \frac{1500}{37,6} = \mathbf{40 \text{ módulos en serie}}$$

En la [Ecuación 11](#) calculamos la tensión máxima a 20 grados que es capaz de soportar los módulos, de esta manera se pueden calcular el máximo número de módulos en serie a instalar.

- **Número mínimo de módulos en serie:**

$$V_p, \text{ max } 70 \text{ grados} = 37,4 \times \left(1 + \frac{\alpha}{100} \times (70 - 25)\right) = 37,4 \times \left(1 + \frac{0,32}{100} \times (70 - 25)\right) = 35,2 \text{ V}$$

*Ecuación 12: Tensión máxima a 70 grados de los módulos en serie*

$$\text{Número mínimo de módulos en serie} = \frac{1000}{35,2} = \mathbf{28 \text{ módulos en serie}}$$

En la [Ecuación 12](#) calculamos la tensión máxima a 70 grados que es capaz de soportar los módulos, de esta manera se pueden calcular el máximo número de módulos en serie a instalar.

### 5.7.5 Baterías

En un primer momento se planteó la posibilidad de almacenar la energía sobrante en los meses en los que se produce más energía de la que se consume, pero con estos niveles de gasto y teniendo en cuenta el precio de las baterías no saldría rentable.

### 5.8 Viabilidad de la instalación

Como se verá mas adelante en la memoria, nuestra instalación tendrá un coste de **326.395,84 €** con todos los gastos incluidos. Teniendo en cuenta que anualmente se supone un gasto de 37.876 € únicamente en electricidad, el periodo de retorno de nuestra inversión sería:

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{326.395,84 \text{ €}}{37.876 \text{ €}} = \mathbf{8,62 \text{ años}}$$

Por tanto, obtendríamos el dinero invertido en 8,62 años siempre y cuando no haya que realizar ninguna reparación o sustitución de algún elemento de la instalación, en tal caso sería algo mayor.

Hay que tener en cuenta, que en gran cantidad de ocasiones este tipo de instalaciones reciben una gran cantidad de subvenciones, haciendo aun más si cabe, esta instalación una gran inversión para el ahorro energético y cuidar el medio ambiente.

## 6. CONCLUSIONES

- 1- Se ha estudiado el uso de placas solares para poder suministrar la energía necesaria en la estación de bombeo para la impulsión del agua en la Comunidad de regantes de Las Cuevas con el objetivo de obtener un ahorro tanto energético como económico a medio-corto plazo.
- 2- Las placas solares permiten obtener una energía que aparte de ser mucho mas limpia en muy pocos años se puede amortizar la instalación y todo el dinero invertido en ella. En este caso contamos con 1025 módulos que en caso de no haber muchas incidencias estarían amortizados en un periodo inferior a los 10 años.
- 3- En este proyecto hay que instalar mucha cantidad de paneles fotovoltaicos lo que supone un punto negativo a nivel estético y en la reducción del terreno útil de la comunidad de regantes de Las Cuevas.
- 4- En los casos en los que se quieran obtener grandes picos de generación eléctrica, será preferible una inclinación de las placas que no sea tan severa.
- 5- Realizar un ajuste de la demanda de la estación de bombeo con la generación solar que tenemos de nuestra instalación es una parte imprescindible.
- 6- La cantidad de placas a instalar es muy grande y en aquellas épocas del año en la que no se necesite riego, la energía producida se perderá, debido a que la compra de baterías en una instalación de estas características no resulta rentable.
- 7- De todas las soluciones que se han estudiado, se han escogido aquellas más rentables económicamente y que mejor pueden cubrir la demanda energética.

## 7. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se muestra la tabla de presupuestos con el gasto que supondría realizar la instalación fotovoltaica:

### **PRESUPUESTO LAS CUEVAS UTIEL**

#### 7.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Nº	Ud.	Concepto	Rend.	Precio unitario	Importe
1	Ud.	Modulo solar que se encuentra totalmente instalado y comprobado	1025	140 €	143.360€
1.1	h	Oficial electricista	20	20,56 €	410,12 €
1.2	h	Ayudante electricista	20	18,45 €	360,90 €
1.3	%	Costes directos complementarios	2	1440€	2880 €
2	Ud	Estructura fija para los módulos fotovoltaicos	16	728,24 €	11.651,84 €
2.1	Ud.	Estructura para los módulos fotovoltaicos del modelo SUNFER que nos permite tener hasta 72 módulos fotovoltaicos	15	527,56 €	7.883,4 €
2.2	h	Oficial electricista	80	20,56 €	1640,48 €
2.3	H	Ayudante electricista	80	18,45 €	1470,6

**Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas**

2.4	%	Costes directos complementarios	2	224 €	448 €
3	Ud.	Inversor-Regulador de carga	2	8,669.00. €	17.338 €
3.1	h	Oficial electricista	8	20,56 €	164,48 €
3.2	h	Ayudante electricista	8	18,45 €	147,6 €
3.3	%	Costes directos complementarios	2	190 €	380 €

## 7.2 CABLEADO

Nº	Ud.	Concepto	Rend.	Precio unitario	Importe
4	Ud.	Cableado que va desde el cuadro de protección hasta los strings	340	200 €	23.240 €
4.1	m	Cable eléctrico unipolar que permite grandes tensiones máximas	10	1,21	10,21 €
4.2	h	Oficial electricista	20	20,56 €	411,2 €
4.3	h	Ayudante electricista	20	18,45 €	369 €
4.4	%	Costes directos complementarios	2	240 €	480 €
5	m	Cableado entre los inversores y el cuadro de protección de la carga y bomba	150	13,80 €	2.070 €
5.1	m	Cable eléctrico que nos permite conexiones para instalaciones que están sumergidas	1	12,34 €	12,34 €
5.2	h	Oficial electricista	10	20,56 €	205,60 €
5.3	h	Ayudante electricista	10	18,45 €	184,5 €
5.4	%	Costes directos complementarios	2	25 €	50 €



### 7.3 PROTECCIONES

Nº	Ud.	Concepto	Rend.	Precio unitario	Importe
6	Ud.	Cableado que va desde el cuadro de protección hasta los strings	40	200 €	8000 €
6.1	Ud.	Caja de protección con elementos como bornes y bases unipolares	1	1,21 €	1,21 €
6.2	Ud.	Fusible de tipo Gg que tiene una intensidad nominal de 16 A	5	8,45 €	42,25 €
6.3	m	Tubo de PVC liso	3	4,24 €	12,72 €
6.4	Ud.	Material auxiliar para las instalaciones eléctricas	1	1,56 €	1,56 €
6.5	h	Oficial 1º de construcción	10	17,45 €	170,45 €
6.6	h	Peón ordinario de construcción	10	17,21 €	170,21 €
6.7	h	Oficial 1º electricista	10	20,56 €	200,56 €
6.8	h	Ayudante de electricista	10	18,45 €	180,45 €
6.9	Ud.	Costes directos complementarios	2	90 €	180 €
7	Ud	Cuadro general de protección para corriente alterna totalmente instalado	2	187,30 €	374,60 €
7.1	Ud.	Caja para protecciones	1	30,50 €	30,50 €

**Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas**

7.2	Ud.	Interruptor automático de la caja moldeada	1	102,57 €	102,57 €
7.3	m	Tubo de PVC liso	3	3,54 €	3,54 €
7.4	Ud.	Material auxiliar	1	1,48 €	1,48 €
7.5	h	Oficial 1º de construcción	10	17,45 €	170,45 €
7.6	h	Peón ordinario de construcción	10	17,21 €	170,21 €
7.7	h	Oficial 1º electricista	10	20,56 €	200,56 €
7.8	H	Ayudante de electricista	10	18,45 €	180,45 €
7.9	%	Costes directos complementarios	2	110 €	220 €
8	Ud.	Puesta a tierra con configuración 20-20/5/00 del método UNESA	1	120,67 €	121,67 €
8.1	Ud.	Pica para toma a tierra	5	7,60 €	7,60 €
8.2	Ud.	Arqueta de registro	1	52,29 €	52,29 €
8.3	Ud.	Puente de comprobación de puesta a tierra	1	27,00 €	27,00 €
8.4	h	Oficial 1º electricista	1	20,56 €	20,56 €
8.5	h	Ayudante de electricista	1	18,45 €	18,45 €
8.6	%	Costes directos complementarios	2	2,5 €	5 €

7.4 OBRA CIVIL

Nº	Ud.	Concepto	Rend.	Precio unitario	Importe
9	m	Zanja donde podremos enterrar el cableado	34	200 €	6.800 €
9.1	m	Excavación de 1,5 metros de	1	1,21 €	1,21 €

**Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas**

		profundidad de forma mecánica			
9.2	h	Oficial 1º electricista	1	20,56 €	20,56 €
9.3	h	Ayudante de electricista	1	18,45 €	18,45 €
9.4	h	Costes directos complementarios	2	70 €	140 €
10	Ud.	Arqueta que sirve para la conexión del cableado	Rend.	Precio unitario	Importe
10.1	Ud.	Arqueta de registro hecha de polipropileno	1	280 €	280 €
10.2	h	Oficial 1º electricista	1	20,56 €	20,56 €
10.3	h	Ayudante de electricista	1	18,45 €	18,45 €
10.4	%	Costes directos complementarios	2	3 €	6 €

## 7.5 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

<b>Descripción</b>	<b>Importe</b>
<b>Instalación fotovoltaica</b>	188.135,68 €
<b>Cableado</b>	27.032,65 €
<b>Protecciones</b>	10.666,34 €
<b>Obra Civil</b>	7.305,23 €
<b>Importe total del presupuesto de ejecución material</b>	233.139,9 €
<b>13% Gastos generales</b>	30.308,18 €
<b>6% Beneficio Industrial</b>	13.988,39 €
<b>21% de IVA</b>	48.959,37 €
<b>Total Presupuesto General</b>	<b>326.395,84 €</b>

## 8. ANEXOS

### FICHA TÉCNICA DE LA PLACA QUE SE UTILIZARÁ EN LA INSTALACIÓN



## MAXPOWER (1500 V) CS6U-325 | 330 | 335 | 340M

Canadian Solar's new 1500 V module is a product for high voltage systems, which can increase the string length of solar systems by up to 50%, saving BOS costs.

### KEY FEATURES

-  Designed for high voltage systems of up to 1500 V<sub>oc</sub>, saving on BoS costs
-  Cell efficiency of up to 20.0 %
-  Outstanding low irradiance performance: 96.5 %
-  High PTC rating of up to 91.7 %
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

 25 linear power output warranty

 10 product warranty on materials and workmanship

### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2008 / Quality management system  
ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE  
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)  
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / Take-e-way



\* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

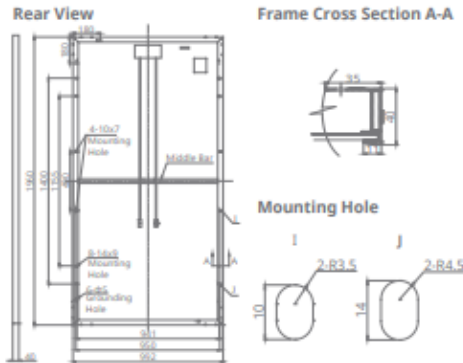
**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 15 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

# Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

## ENGINEERING DRAWING (mm)



## ELECTRICAL DATA | STC\*

CS6U	325M	330M	335M	340M
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W	340 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.4 V	37.5 V	37.8 V	37.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.69 A	8.80 A	8.87 A	8.97 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.8 V	45.9 V	46.1 V	46.2 V
Short Circuit Current (Isc)	9.21 A	9.31 A	9.41 A	9.48 A
Module Efficiency	16.72 %	16.97 %	17.23 %	17.49 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500 V (IEC) or 1500 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

## ELECTRICAL DATA | NOCT\*

CS6U	325M	330M	335M	340M
Nominal Max. Power (Pmax)	235 W	238 W	242 W	245 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.1 V	34.2 V	34.5 V	34.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.88 A	6.96 A	7.01 A	7.10 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.0 V	42.1 V	42.3 V	42.4 V
Short Circuit Current (Isc)	7.46 A	7.54 A	7.62 A	7.67 A

\* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

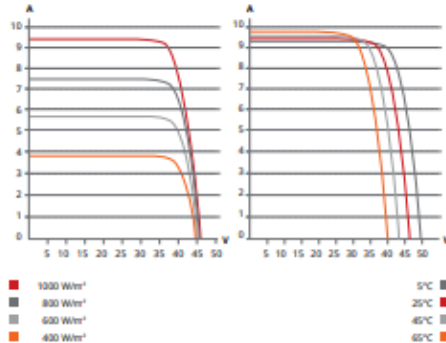
## PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.5 % from an irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup> to 200 W/m<sup>2</sup> (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

## CS6U-335M / I-V CURVES



## MECHANICAL DATA

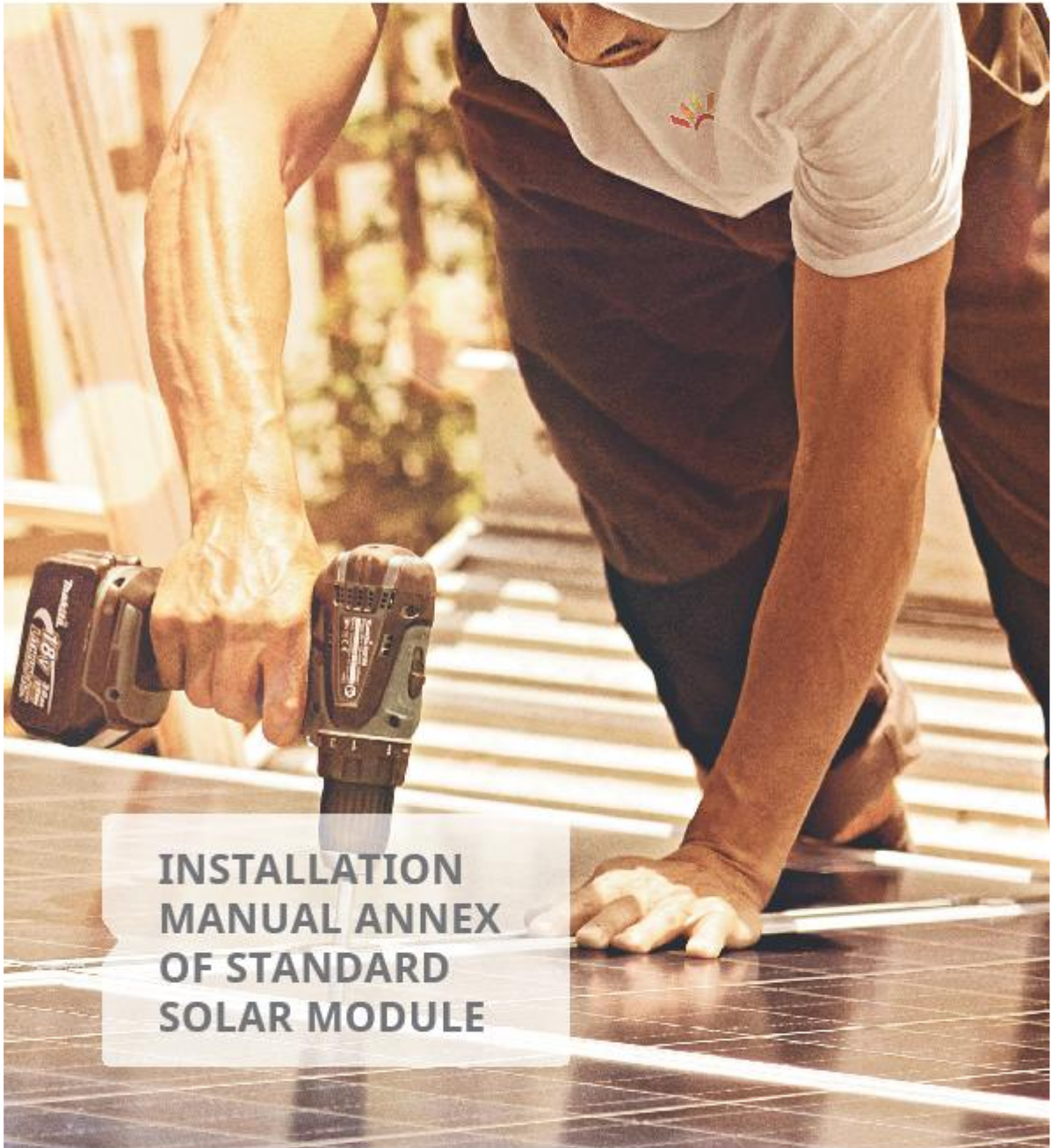
Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 40 mm (77.2 × 39.1 × 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	PV1500DC-F1 4 mm <sup>2</sup> (IEC) & 12 AWG 2000 V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

## PARTNER SECTION





**INSTALLATION  
MANUAL ANNEX  
OF STANDARD  
SOLAR MODULE**

**For professional use only**

## ANNEX A: ALTERNATIVE MOUNTING METHODS

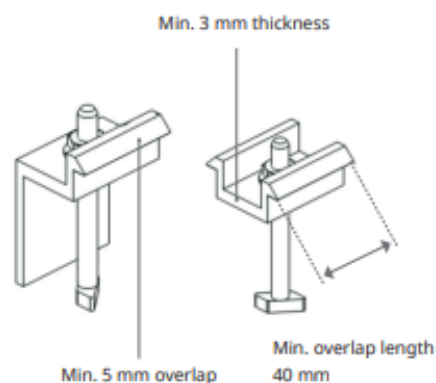
All the basic requirements of the main installation manual should apply to the alternative mounting methods, unless otherwise specified.

Design load and safety factors will be determined by the racking suppliers or professional engineers. For detailed information, please follow local structural code or contact your professional structural engineer.

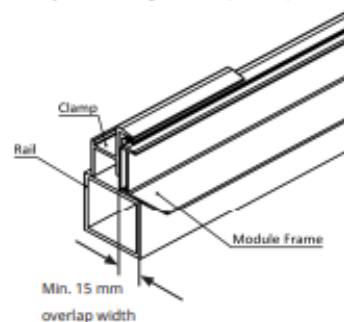
### MOUNTING METHOD A CLAMPING

- The mounting method has been qualified by Canadian Solar Inc. and certified by VDE and CSA.
- Top or bottom clamping methods will vary and are dependent on the mounting structures. Please follow the mounting guidelines recommended by the mounting system supplier.
- Each module must be securely fastened at a minimum of four points on two opposite sides. The clamps should be positioned according to the authorized position ranges defined in table A. Install and tighten the module clamps to the mounting rails using the torque stated by the mounting hardware manufacturer. M8X1.25-Grade8.8 bolt and nut are used for this clamping method. Tightening torques should be within 17~23 Nm (12.5~17.0 ft-lbs) for M8 coarse thread bolts, depending on the bolt class. For the bolt grade, the technical guideline from the fastener suppliers need to be followed. Different recommendations from specific clamping hardware suppliers should prevail. System designer and installer are responsible for load calculations and for proper design of support structure.
- Canadian Solar Inc.'s warranty may be void in cases where improper clamps or unsuitable installation methods are found. When installing inter-modules or end-type clamps, please take the following measures into account:

- ① Do not bend the module frame
- ② Do not touch or cast shadows on the front glass
- ③ Do not damage the surface of the frame
- ④ Ensure the clamps overlap the module frame by at least 5 mm (0.2 in)
- ⑤ Ensure the clamps overlap length is at least 40 mm (1.57 in)
- ⑥ Ensure the clamp's thickness is at least 3 mm



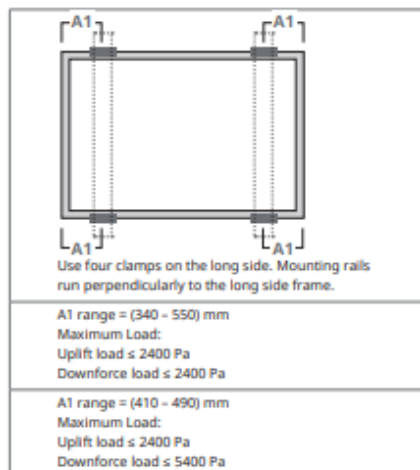
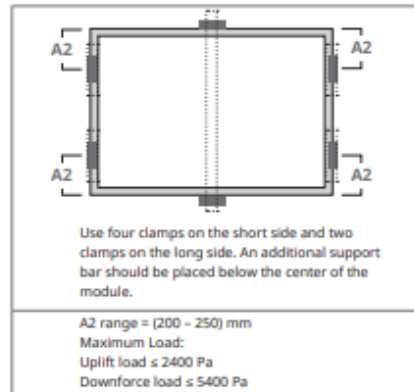
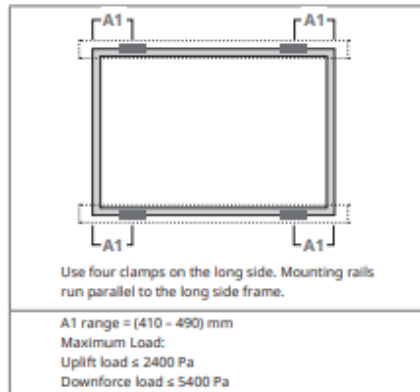
- Clamp material should be anodized aluminum alloy or stainless steel.
- Clamp positions are of crucial importance for the reliability of the installation. The clamp centerlines must only be positioned within the ranges indicated in table A, depending on the configuration and load.
- For configurations where the mounting rails run parallel to the frame, precautions should be taken to ensure the bottom flange of the module frame overlaps the rail by 15 mm (0.59 in) or more.



www.canadiansolar.com



CS6U-xxxP and CS6U-xxxM



12 |

Module Type	Compatible Tracker	Mounting Hardware	Maximum Load (Pa)	Reference Manual (Version No.)
CS6P-xxxP	ATI DuraTrack™HZ Tracking System(V2.5)	12-inch length standard clamp (V2.5)	Uplift load ≤ 1200 Pa Downforce load ≤ 1200 Pa	DuraTrack™HZ Solar Tracker Installation Guide (November,2012, Rev. B-01)
CS6X-xxxP and CS6P-xxxP	ATI DuraTrack™HZ Tracking System(V2.5)	12-inch length high-clearance clamp (V2.5)	Uplift load ≤ 2000 Pa Downforce load ≤ 2400 Pa	DuraTrack™HZ Solar Tracker Installation Guide (November 2012, Rev. B-01)
CS6X-xxxP CS6U-xxxP and CS6U-xxxM	ATI DuraTrack™HZ Tracking System(V3)	Clamp Ear (V3)	Uplift load ≤ 2400 Pa Downforce load ≤ 2400 Pa	DuraTrack™HZ Solar Tracker Installation Guide (March 2015, Rev. A-02)
CS6X-xxxP	NEXTracker SPT	4142 short module mounting rail	Uplift load ≤ 1800 Pa Downforce load ≤ 2400 Pa	Nextracker SPT Installation Manual For 72-Cell Framed Modules (MKT0123 Rev04, April 2015)
CS6U-xxxP and CS6U-xxxM	NEXTracker SPT	NEXTracker SPT2.1.1 mounting rail	Uplift load ≤ 2400 Pa Downforce load ≤ 2400 Pa	NEXTrackerSPT 2.1.1 Installation anual (PDM-000002 Revision: A. August 2015)
CS6X-xxxP	NEXTracker SPT	4152 long module mounting rail	Uplift load ≤ 2400 Pa Downforce load ≤ 2400 Pa	Nextracker SPT Installation Manual For 72-Cell Framed Modules (March 2015)

Please contact the tracker manufacturer and Canadian Solar Inc.'s technical support department for details in regard to specific projects.

#### ANNEX B: ALTERNATIVE GROUNDING METHODS

Canadian Solar modules can be grounded using third party grounding devices as described below. The grounding methods are certified by CSA according to UL1703. All the basic requirements

of the main installation manual should apply to the alternative grounding methods. For detailed grounding instructions, please refer to related third party installation manuals.

Method	Company	Grounding hardware	Compatible tracker	Reference Manual (Version No.)
A	Variety	Lay-in-Lug + Star Washer (UL2703&UL467 certified)	Variety	Related reference installation manual
B	UNIRAC Inc.	UGC-1 grounding clips	SolarMount® rails	Unirac Code-Compliant Installation Manual (Pub 140130 -1cc)
C	Schletter GmbH	Schletter Rapid2+ Grounding Clamps	Schletter Rapid2+	Schletter Rapid2+ Clamp installation instructions
D	PanelClaw Inc.	Standard Claw (integrated grounding)	PanelClaw Grizzly Bear® FR Gen II mounting system	Grizzly Bear® FR Gen II Installation Manual (9910010 Rev A)
E	Array echnologies Inc.	ATI SS CLIPS & WEEB-ADC&WEEB-ADR	ATI Duratrack HZ Solar racker(V2.5)	WEEB installation instructions for ATIDuraTrack HZ mounting system only (50018785 RevC) from Burndy LLC & DuraTrack™HZ Solar Tracker Installation Guide (June 2014, Rev. B-02) from ATI
F	IronRidge Inc.	grounding mid clamps (integrated grounding)	standard (XRS) and light (XRL) rails	Standard (XRS) and Light (XRL) Rails with Integrated Grounding Installation Manual (2013 Edition v1.13)
G	Cosma International	WEEB-DPF grounding clips	Cosma/Magna top clamp mounting system	Ground Mount Racking Structure Assembly Instructions (V1.5_7196_CEC0022_02-21-2013)
H	DYNORAXX Inc.	DynoRaxx® DynoBond spring clips	-----	DynoRaxx® DynoBond Installation Manual (publication no 090413)
I	RBI Solar Inc.	Raised Zee purlin integrated with pre-punched grounding holes	RBI Solar Ground Mount System Model GM-1	Ground Mount System Model GM-1 module Installation Manual (14 April 2014, version 21)
J	Quick Rack PV Inc.	Clamp integrated with grounding pins	Quick Rack Rail-Free Mounting System	Quick Rack Rail-Free Mounting System for Composition/Asphalt Shingle Roofs Installation Manual (May 2014, Rev F)
K	Cantsink Mfg Inc.	1/4" serrated flange bolt & serrated flange nut	Brilliant Rack Ground Mount System	Brilliant Rack Ground Mount System Installation Manual (Revision 12/05/2014)
L	Everest Solar Systems, LLC	WEEB-KMC Clips	Crossrail 36, Crossrail 48 And Crossrail 80 Mounting Systems	WEEB Installation Instructions For Everest Solar Crossrail 36, Crossrail 48 And Crossrail 80 Mounting Systems Only (50015303 Rev H)
M	Unirac Inc.	Mid clamp retention teeth	SOLAR MOUNT (SM)	Solar Mount Installation Guide (Revision PUB15MAR02)
N	Sunlink Inc.	Center Clamps & End Clamps with pre-punched teeth	Ballasted Ground Mount System and Core Roof Mount System	Assembly Instructions for Core RMS (Rev 03-14-2014) and Assembly Instructions for Ballasted GMS (Rev 02/02/2014)
O	Roof Tech Inc.	Bonding Plate	RT-[E] Mount E Mount AIR	RT-[E] Mount E Mount AIR Installation Manual (March 2015)
P	NEXTracker Inc.	4111-8 Bobtail Collar and 4110-8 Bobtail Pin	NEXTracker 120 Solar Tracker.	NEXTrackerSPT Installation Manual (March 2015)
Q	BURNDY LLC.	WEEB-UIR and WEEB-11.5	RBI Solar Groundmount	Weeb Installation Instructions; For Rbi Solar Groundmount Only (104-0404-000074-003)

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

### ANNEX C: MECHANICAL AND ELECTRICAL RATINGS

Standard Test Conditions are: irradiance of 1 kW/m<sup>2</sup>, AM1.5 spectrum, and cell temperature of 25°C. The electrical characteristics are respectively within ±10% or [0; +5W] of the indicated values for Isc, Voc and Pmax. Specifications are subject to change without notice.

Table 1: Mechanical And Electrical Ratings under STC

Module Type	Maximum Power Pmax <W>	Operating voltage Vmp <V>	Operating current Imp <A>	Open Circuit Voltage Voc <V>	Short Circuit Current Isc <A>	Max. Series Fuse Rating <A>	Overall Dimension <mm>	Weight <kg>
CS5A-195M	195.0	37	5.27	45	5.62	10.00	1595 x 801 x 40	15.3
CS5A-200M	200.0	37.4	5.35	45.3	5.71	10.00		
CS5A-205M	205.0	37.7	5.43	45.4	5.81	10.00		
CS5A-210M	210.0	38.1	5.51	45.6	5.90	10.00		
CS6P-245M	245.0	30.3	8.09	37.4	8.61	15.00	1638 x 982 x 40	18.0
CS6P-250M	250.0	30.4	8.22	37.5	8.74	15.00		
CS6P-255M	255.0	30.5	8.35	37.7	8.87	15.00		
CS6P-260M	260.0	30.7	8.48	37.8	8.99	15.00		
CS6P-265 M	265.0	30.9	8.61	37.9	9.11	15.00		
CS6P-270M	270.0	31.1	8.67	38.2	9.19	15.00		
CS6P-275M	275.0	31.3	8.80	38.3	9.31	15.00		
CS6P-280M	280.0	31.5	8.89	38.5	9.43	15.00		
CS6P-285M	285.0	31.7	8.98	38.6	9.51	15.00		
CS6P-290M	290.0	31.9	9.09	38.7	9.59	15.00		
CS6P-240P	240.0	29.9	8.03	37.0	8.59	15.00		
CS6P-245P	245.0	30.0	8.17	37.1	8.74	15.00		
CS6P-250P	250.0	30.1	8.30	37.2	8.87	15.00		
CS6P-255P	255.0	30.2	8.43	37.4	9.00	15.00		
CS6P-260P	260.0	30.4	8.56	37.5	9.12	15.00		
CS6P-265P	265.0	30.6	8.66	37.7	9.23	15.00		
CS6P-270P	270.0	30.8	8.75	37.9	9.32	15.00		
CS6P-275P	275.0	31.0	8.88	38.0	9.45	15.00		
CS6P-280P	280.0	31.3	8.95	38.2	9.52	15.00		
CS6P-285P	285.0	31.4	9.06	38.3	9.64	15.00		
CS6A-195M	195.0	24.2	8.04	29.9	8.56	15.00	1324 x 984 x 40	15.5
CS6A-200M	200.0	24.3	8.22	30.0	8.74	15.00		
CS6A-205M	205.0	24.5	8.38	30.2	8.90	15.00		
CS6A-210M	210.0	24.6	8.54	30.3	9.06	15.00		
CS6A-215M	215.0	24.7	8.70	30.4	9.22	15.00		
CS6A-220M	220.0	24.8	8.87	30.6	9.31	15.00		
CS6A-205MS	205.0	24.5	8.37	30.6	9.21	15.00		
CS6A-210MS	210.0	24.7	8.50	30.8	9.29	15.00		
CS6A-215MS	215.0	24.9	8.63	31.0	9.37	15.00		
CS6A-220MS	220.0	25.1	8.76	31.2	9.45	15.00		
CS6A-225MS	225.0	25.3	8.91	31.4	9.53	15.00		

EN-Rev 1M/GN-AM-EN/A5 Copyright © June 2016. Canadian Solar Inc.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

| 15

Module Type	Maximum Power Pmax <W>	Operating voltage Vmp <V>	Operating current Imp <A>	Open Circuit Voltage Voc <V>	Short Circuit Current Isc <A>	Max. Series Fuse Rating <A>	Overall Dimension <mm>	Weight <kg>		
CS6A-230MS	230.0	25.5	9.02	31.6	9.61	15.00	1324 x 984 x 40	15.5		
CS6A-235MS	235.0	25.7	9.14	31.8	9.68	15.00				
CS6A-240MS	240.0	25.9	9.27	32.0	9.76	15.00				
CS6A-245MS	245.0	26.1	9.39	32.2	9.84	15.00				
CS6A-195P	195.0	24.0	8.13	29.6	8.69	15.00				
CS6A-200P	200.0	24.1	8.30	29.8	8.87	15.00				
CS6A-205P	205.0	24.2	8.47	29.9	9.03	15.00				
CS6A-210P	210.0	24.3	8.63	30.0	9.19	15.00				
CS6A-215P	215.0	24.5	8.78	30.2	9.35	15.00				
CS6A-220P	220.0	24.6	8.95	30.4	9.45	15.00				
CS6X-290P	290.0	35.9	8.08	44.4	8.64	15.00	1954 x 982 x 40	22.00 (3.2mm Glass)		
CS6X-295P	295.0	36.0	8.19	44.5	8.76	15.00				
CS6X-300P	300.0	36.1	8.30	44.6	8.87	15.00				
CS6X-305P	305.0	36.3	8.41	44.8	8.97	15.00				
CS6X-310P	310.0	36.4	8.52	44.9	9.08	15.00				
CS6X-315P	315.0	36.6	8.61	45.1	9.18	15.00				
CS6X-320P	320.0	36.8	8.69	45.3	9.26	15.00				
CS6X-325P	325.0	37.0	8.78	45.5	9.34	15.00				
CS6X-330P	330.0	37.2	8.88	45.6	9.45	15.00				
CS6X-335P	335.0	37.4	8.96	45.8	9.54	15.00				
CS6X-340P	340.0	37.6	9.05	45.9	9.62	15.00				
CS6X-345P	345.0	37.8	9.13	46.0	9.69	15.00				
CS6X-350P	350.0	38.1	9.21	46.2	9.79	15.00				
CS6V-200M	200.0	25.2	7.95	31.1	8.46	15.00			1638 x 826 x 40	16.0
CS6V-205M	205.0	25.3	8.11	31.2	8.63	15.00				
CS6V-210M	210.0	25.4	8.27	31.3	8.79	15.00				
CS6V-215M	215.0	25.5	8.43	31.5	8.94	15.00				
CS6V-220M	220.0	25.7	8.56	31.6	9.08	15.00				
CS6V-225M	225.0	26.0	8.67	31.8	9.19	15.00				
CS6V-230M	230.0	26.1	8.81	31.9	9.33	15.00				
CS6V-235M	235.0	26.4	8.91	32.1	9.45	15.00				
CS6V-240M	240.0	26.7	9.00	32.2	9.55	15.00				
CS6V-245M	245.0	27.0	9.09	32.4	9.66	15.00				
CS6V-210MS	210.0	25.4	8.27	31.5	9.19	15.00				
CS6V-215MS	215.0	25.6	8.40	31.7	9.27	15.00				
CS6V-220MS	220.0	25.8	8.53	31.9	9.35	15.00				
CS6V-225MS	225.0	26.0	8.66	32.1	9.43	15.00				
CS6V-230MS	230.0	26.2	8.78	32.3	9.51	15.00				
CS6V-235MS	235.0	26.4	8.91	32.5	9.59	15.00				
CS6V-240MS	240.0	26.6	9.03	32.7	9.67	15.00				
CS6V-245MS	245.0	26.8	9.15	32.9	9.75	15.00				
CS6V-250MS	250.0	27.0	9.26	33.1	9.83	15.00				
CS6V-255MS	255.0	27.2	9.38	33.3	9.91	15.00				
CS6VH-115MS	115.0	13.1	8.78	16.2	9.59	15.00	844 x 826 x 40	9.0		
CS6VH-120MS	120.0	13.3	9.03	16.4	9.67	15.00				

www.canadiansolar.com

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

16 |

Module Type	Maximum Power Pmax <W>	Operating voltage Vmp <V>	Operating current Imp <A>	Open Circuit Voltage Voc <V>	Short Circuit Current Isc <A>	Max. Series Fuse Rating <A>	Overall Dimension <mm>	Weight <kg>
CS6VH-125MS	125.0	13.5	9.26	16.6	9.75	15.00		
CS6V-190P	190.0	24.6	7.73	30.6	8.28	15.00	1638 x 826 x 40	16.0
CS6V-195P	195.0	24.8	7.87	30.7	8.44	15.00		
CS6V-200P	200.0	24.9	8.03	30.8	8.59	15.00		
CS6V-205P	205.0	25.0	8.19	30.9	8.76	15.00		
CS6V-210P	210.0	25.1	8.35	31.1	8.92	15.00		
CS6V-215P	215.0	25.3	8.51	31.2	9.07	15.00		
CS6V-220P	220.0	25.5	8.64	31.4	9.21	15.00		
CS6V-225P	225.0	25.7	8.75	31.6	9.32	15.00		
CS6V-230P	230.0	25.9	8.90	31.7	9.47	15.00		
CS6V-235P	235.0	26.1	8.99	31.8	9.58	15.00		
CS6V-220P	220.0	25.5	8.64	31.4	9.21	15.00		
CS6V-225P	225.0	25.7	8.75	31.6	9.32	15.00		
CS6V-230P	230.0	25.9	8.90	31.7	9.47	15.00		
CS6V-235P	235.0	26.1	8.99	31.8	9.58	15.00		
CS6K-240P	240.0	29.9	8.03	37.0	8.59	15.00	1650 x 992 x 40	18.2
CS6K-245P	245.0	30.0	8.17	37.1	8.74	15.00		
CS6K-250P	250.0	30.1	8.30	37.2	8.87	15.00		
CS6K-255P	255.0	30.2	8.43	37.4	9.00	15.00		
CS6K-260P	260.0	30.4	8.56	37.5	9.12	15.00		
CS6K-265P	265.0	30.6	8.66	37.7	9.23	15.00		
CS6K-270P	270.0	30.8	8.75	37.9	9.32	15.00		
CS6K-275P	275.0	31.0	8.88	38.0	9.45	15.00		
CS6K-280P	280.0	31.3	8.95	38.2	9.52	15.00		
CS6K-285P	285.0	31.4	9.06	38.3	9.64	15.00		
CS6K-250M	250.0	30.4	8.22	37.5	8.74	15.00	1650 x 992 x 40	18.2
CS6K-255M	255.0	30.5	8.35	37.7	8.87	15.00		
CS6K-260M	260.0	30.7	8.48	37.8	8.99	15.00		
CS6K-265 M	265.0	30.9	8.61	37.9	9.11	15.00		
CS6K-270M	270.0	31.1	8.67	38.2	9.19	15.00		
CS6K-275M	275.0	31.3	8.80	38.3	9.31	15.00		
CS6K-280M	280.0	31.5	8.89	38.5	9.43	15.00		
CS6K-285M	285.0	31.7	8.98	38.6	9.51	15.00		
CS6K-290M	290.0	31.9	9.09	38.7	9.59	15.00		
CS6K-255MS	255.0	30.7	8.31	37.9	9.11	15.00		
CS6K-260MS	260.0	30.9	8.42	38.1	9.19	15.00		
CS6K-265MS	265.0	31.1	8.53	38.3	9.27	15.00		
CS6K-270MS	270.0	31.3	8.63	38.5	9.35	15.00		
CS6K-275MS	275.0	31.5	8.74	38.7	9.43	15.00		
CS6K-280MS	280.0	31.7	8.84	38.9	9.51	15.00		
CS6K-285MS	285.0	31.9	8.94	39.1	9.59	15.00		
CS6K-290MS	290.0	32.1	9.05	39.3	9.67	15.00		
CS6K-295MS	295.0	32.3	9.14	39.5	9.75	15.00		
CS6K-300MS	300.0	32.5	9.24	39.7	9.83	15.00		
CS6K-305MS	305.0	32.7	9.33	39.9	9.91	15.00		

Module Type	Maximum Power Pmax <W>	Operating voltage Vmp <V>	Operating current Imp <A>	Open Circuit Voltage Voc <V>	Short Circuit Current Isc <A>	Max. Series Fuse Rating <A>	Overall Dimension <mm>	Weight <kg>
CS6U-290P	290.0	35.9	8.08	44.4	8.64	15.00	1960×992×40	22.4
CS6U-295P	295.0	36.0	8.19	44.5	8.76	15.00		
CS6U-300P	300.0	36.1	8.30	44.6	8.87	15.00		
CS6U-305P	305.0	36.3	8.41	44.8	8.97	15.00		
CS6U-310P	310.0	36.4	8.52	44.9	9.08	15.00		
CS6U-315P	315.0	36.6	8.61	45.1	9.18	15.00		
CS6U-320P	320.0	36.8	8.69	45.3	9.26	15.00		
CS6U-325P	325.0	37.0	8.78	45.5	9.34	15.00		
CS6U-330P	330.0	37.2	8.88	45.6	9.45	15.00		
CS6U-335P	335.0	37.4	8.96	45.8	9.54	15.00		
CS6U-340P	340.0	37.6	9.05	45.9	9.62	15.00		
CS6U-345P	345.0	37.8	9.13	46.0	9.69	15.00		
CS6U-350P	350.0	38.1	9.21	46.2	9.79	15.00		
CS6U-290M	290.0	36.3	8.00	44.7	8.51	15.00		
CS6U-295M	295.0	36.4	8.11	44.9	8.63	15.00		
CS6U-300M	300.0	36.5	8.22	45	8.74	15.00		
CS6U-305M	305.0	36.6	8.33	45.2	8.84	15.00		
CS6U-310M	310.0	36.7	8.44	45.3	8.95	15.00		
CS6U-315M	315.0	36.9	8.53	45.5	9.04	15.00		
CS6U-320M	320.0	37.2	8.61	45.6	9.13	15.00		
CS6U-325M	325.0	37.4	8.69	45.8	9.21	15.00		
CS6U-330M	330.0	37.5	8.8	45.9	9.31	15.00		
CS6U-335M	335.0	37.8	8.87	46.1	9.41	15.00		
CS6U-340M	340.0	37.9	8.97	46.2	9.48	15.00		
CS6U-345M	345.0	38.1	9.06	46.4	9.56	15.00		
CS6U-350M	350.0	38.3	9.14	46.6	9.67	15.00		

#### ANNEX D: MODULE CLEANING GUIDELINE

This manual covers requirements for the cleaning procedure of Canadian Solar Inc. photovoltaic modules. The purpose of these cleaning guidelines is to provide general information for cleaning Canadian Solar modules. Professional installer should read these guidelines carefully and strictly follow these instructions.

Failure to follow these instructions may result in death, injury or property damage to photovoltaic module. Damages induced by inappropriate cleaning procedures will void Canadian Solar warranty.



#### SAFETY WARNING

- Cleaning activities create risk of damaging the modules and array components, as well as increasing the potential electric shock hazard.
- Cracked or broken modules represent an electric

shock hazard due to leakage currents, and the risk of shock is increased when modules are wet. Before cleaning, thoroughly inspect modules for cracks, damage, and loose connections.

- The voltage and current present in an array during daylight hours are sufficient to cause a lethal electrical shock.
- Ensure that the circuit is disconnected before starting the cleaning procedure as contact with leakage of electrically active parts can result in injury.
- Ensure that the array has been disconnected to other active components (such as inverter or combiner boxes) before starting with the cleaning.
- Wear suitable protection (Clothes, insulated gloves, etc.).
- Do not immerse the module, partially or totally, in water or any other cleaning solution.

#### HANDLING NOTICE

- Use a proper cleaning solution and suitable cleaning equipment.
- Do not use abrasive or electric cleaners on the module.
- Particular attention should be taken to avoid the module backsheet or frame to come in contact with sharp objects, as scratches may directly affect product safety.
- Do not use de-greasers on the module.
- Do not use cleaning corrosive solutions containing acid, alkali, acetone, or industrial alcohol.
- Canadian Solar Inc. recommends to avoid rotating brush cleaning method, as it can lead to the formation of micro cracks.
- Dirt must never be scraped or rubbed away when dry, as this will cause micro-scratches on the glass surface.

#### OPERATION PREPARATION

- Noticeable dirt must be rubbed away by gentle cleaning implement (soft cloth, sponge or brush with soft bristles).
  - Ensure that brushes or agitating tools are not abrasive to glass, EPDM, silicone, aluminum, or steel.
  - Conduct the cleaning activities avoiding the hottest hours of the day, in order to avoid thermal stress on the module.
- Recommended the following to be used:
- Water with low mineral content
  - Near neutral PH water
  - The maximum water pressure recommended is 4 MPa (40 bar)

#### CLEANING METHODS

##### Method A: Compressed Air

Canadian Solar Inc. recommends cleaning the soft dirt (like dust) on modules just with air pressure. This technique can be applied as long as the method is efficient enough considering the existing conditions.

##### Method B: Wet cleaning

If excessive soiling is present on module surface, a non-conductive brush, sponge, or other mild agitating method may be used with caution.

- Ensure that any brushes or agitating tools are constructed with non-conductive materials to minimize risk of electric shock and that they are not abrasive to the glass or the aluminum frame.
- If grease is present, an environmental friendly cleaning agent may be used with caution.

#### AMENDMENT EDITIONS AND DATES

- The first edition Rev A1 is released in Apr, 2014.
- The second edition Rev A2 is released in Dec, 2014
- The third edition Rev A3 is released in Aug, 2015
- The fourth edition Rev A4 is released in Mar, 2016
- The fifth edition Rev A5 is released in June, 2016





## Solar inverter PVS-175-TL

The PVS-175-TL is FIMER's innovative three-phase string inverter, delivering a six-in-one solution to enhance and optimize solar power generation for ground mounted utility scale applications.

**175 kW**

---

String inverter - PVS-175-TL

**High power density**

This new high-power string inverter with the highest power density within the 1500 Vdc segment, delivers up to 185 kVA at 800 Vac. This not only maximizes the ROI for ground-mounted utility-scale applications but also reduces Balance of System costs (i.e. AC side cabling) for small to large scale, free field ground mounted PV installations.

**Design flexibility**

The inverter comes equipped with 12 MPPT, the highest available in the market, assuring maximum PV plant design flexibility and increasing yields also in case of complex installations.

**Installer friendly design**

Quick and easy installation, thanks to plug and play connectors, as the existing PV module's mounting systems can be used to install the inverters, thus saving time and cost on site preparation and hire of plant.

The fuse and combiner free design eliminates the need for external components, such as separate DC combiner boxes and AC first level combiners, thanks to the integrated DC disconnect and AC wiring compartment with optional AC disconnect.

The Advanced Cooling Concept preserves the lifetime of the system and minimizes O&M costs thanks to internal heavy-duty inverter cooling fans. These can be easily removed during scheduled maintenance cycles whilst the power module can be easily replaced without removing the wiring box.

**Advanced communication for O&M**

Standard wireless access from any mobile device makes the

configuration of inverter and plant easier and faster. Improved user experience thanks to a built-in User Interface (UI) enables access to advanced inverter configuration settings. The Installer for Solar Inverters mobile APP and configuration wizard enable a quick multi-inverter installation and commissioning thus reducing the time spent on site.

**Fast system integration**

Industry standard Modbus (RTU/TCP)/SUNSPEC protocol enables fast system integration. Two Ethernet ports enable fast and future-proof communication for PV plants.

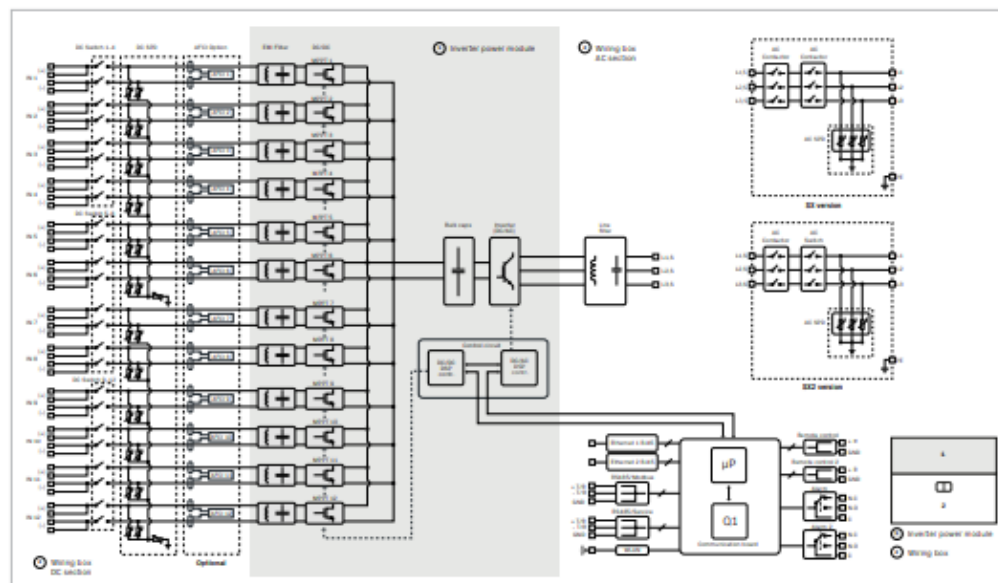
**Protect your assets**

Monitoring your assets is made easy, as every inverter is capable to connect to Aurora Vision cloud platform and thanks to the state-of-the-art cybersecurity and Arc Fault Detection option, your assets and profitability are secure in the long term.

**Highlights**

- Up to 185 kW power rating, highest in class
- All-in-one combiner and fuse free design
- Separate power module and wiring compartment for fast swap and replacement
- Easy access to consumables for fast inspection and replacement
- 12 MPPT and wide input voltage range for maximum energy yield
- WLAN interface for commissioning and configuration
- Remote monitoring and firmware upgrade via the Aurora Vision cloud platform (logger free)
- Free of charge standard access to Aurora Vision cloud

PVS-175-TL string inverter block diagram



## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

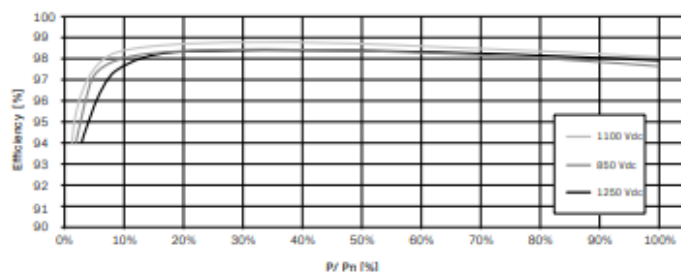
String inverter - PVS-175-TL

Technical data and types	
Type code	PVS-175-TL
<b>Input side</b>	
Absolute maximum DC input voltage ( $V_{max}$ )	1500 V
Start-up DC input voltage ( $V_{min}$ )	750 V (650...1000 V)
Operating DC input voltage range ( $V_{min}$ ... $V_{max}$ )	0.7 V Start - 1500 V (min 400 V)
Rated DC input voltage ( $V_{in}$ )	1100 Vdc
Rated DC input power ( $P_{in}$ )	188000 W @ 30°C - 177000 W @ 40°C
Number of independent MPPT	12
MPPT input DC voltage range ( $V_{min}$ ... $V_{max}$ ) at $P_{in}$	850...1350 V
Maximum DC input current for each MPPT ( $I_{mppt,max}$ )	22 A
Maximum input short circuit current for each MPPT ( $I_{sc,max}$ )	30 A
Number of DC input pairs for each MPPT	2 DC inputs per MPPT
DC connection type	PV quick fit connector <sup>1)</sup>
<b>Input protection</b>	
DC Series Arc Fault Circuit Interrupter <sup>2)</sup>	Type 1 acc. to UL 1699B with single-MPPT sensing capability
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source
Input over voltage protection for each MPPT	Type 2 with monitoring
Photovoltaic array isolation control (insulation resistance)	Yes, acc. to IEC 62109-2
Residual Current Monitoring Unit (leakage current protection)	Yes, acc. to IEC 62109-2
DC Load Breaking Disconnect Switch (rating for each MPPT)	20 A/1500 V - 50 A/1000 V
Fuse rating	N/A, No fuses
String current monitoring	MPPT-level current sense
<b>Output side</b>	
AC Grid connection type	Three phase 3W+PE (TN system)
Rated AC power ( $P_{out}$ , @cosφ=1)	175 000 W @ 40°C
Maximum AC output power ( $P_{out,max}$ , @cosφ=1)	185 000 W @ 30°C
Maximum apparent power ( $S_{out}$ )	185 000 VA
Rated AC grid voltage ( $V_{out}$ )	800 V
AC voltage range	(552...980) <sup>3)</sup>
Maximum AC output current ( $I_{out,max}$ )	135 A
Rated output frequency (f <sub>o</sub> )	50 Hz/60 Hz
Output frequency range (f <sub>min</sub> ...f <sub>max</sub> )	45...55 Hz/55...65 Hz <sup>3)</sup>
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, 0...1 inductive/capacitive with maximum $S_{out}$
Total current harmonic distortion	< 3%
Max DC current injection (% of I <sub>o</sub> )	< 0.5%*I <sub>o</sub>
Maximum AC Cable outer diameter / multi core	1 x 53 mm (1 x M63 cable gland)
Maximum AC Cable outer diameter / single core	3 x 32 mm (3 x M40 cable gland)
AC connection type <sup>4)</sup>	Copper Busbar for lug connections with M10 bolts (included)
<b>Output protection</b>	
Anti-islanding protection	According to local standard
Maximum external AC overcurrent protection	200 A
Output overvoltage protection - replaceable surge protection device	Type 2 with monitoring
<b>Operating performance</b>	
Maximum efficiency ( $\eta_{max}$ )	98.7%
Weighted efficiency (EURO/CEC)	98.4%
<b>Communication</b>	
Communication interfaces	1xRS485, 2x Ethernet (RJ45) <sup>5)</sup>
Local user interface	4 LEDs, Web User Interface, Mobile APP
Communication protocol	Modbus RTU/TCP (Sunspec compliant)
Commissioning tool	FIMER installer for solar inverters mobile app/Embedded Web User Interface
Remote monitoring services	Aurora Vision, Plant Portfolio Platform
Advanced features	Built-in Export Limitation control algorithm/integrated data logging for inverters and accessories / Remote FW update

# Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

Technical data and types	
<b>Type code</b>	<b>PVS-175-TL</b>
<b>Environmental</b>	
Operating ambient temperature range	-25...+60°C/-13...140°F with derating above 40°C/133°F
Relative humidity	4%...100% condensing
Sound pressure level, typical	65dBA @ 1m
Maximum operating altitude without derating	2000 m / 6560 ft
<b>Physical</b>	
Environmental protection rating	IP 65 (IP54 for cooling section)
Cooling	Forced air
Dimension (H x W x D)	867x1088x419 mm / 34.2"x42.7"x16.5" for -SX model 867x1088x458 mm / 34.2"x42.7"x18.0" for -SX2 model
Weight	-76 kg / 167.5 lbs for power module; -77 kg / 169.7 lbs for Wiring box Overall max -153 kg / 337.2 lbs
Mounting system	Mounting bracket (vertical support only)
<b>Safety</b>	
Isolation level	Transformerless
Marking	CE
Safety and EMC standard	IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 301 489-1, EN 301 489-17, EN 300 328, EN 62311.
Grid standard <sup>6)</sup>	CEI 0-16, UTE C 15 712-1, JORDAN IRR-DCC-MV and IRR-TIC, BDEW, VDE-AR-N 4110, VDE-AR-N 4120, P.O. 12.3, DRRG D.4, AS/ NZS4777.2
<b>Available product variants</b>	
Inverter power module	PVS-175-TL-POWER MODULE
24 quick fit connector pairs (2 each MPPT) + DC switches + SPD Type 2 (DC & AC)	WB-SX-PVS-175-TL
24 quick fit connector pairs (2 each MPPT) + DC switches + AC disconnection switch + SPD Type 2 (DC & AC)	WB-SX2-PVS-175-TL
<b>Optional available</b>	
DC Series Arc Fault Circuit Interrupter	Type I acc. to UL 1699B <sup>7)</sup> with single-MPPT sensing capability
AC Plate, Single Core Cables	Plate with 4 individual AC cable glands: 3 x M40: Ø 22...32mm, 1 x M32: Ø 18...25mm
AC Plate, Multi Core Cables	Plate with 2 individual AC cable glands: 1 x M63: Ø 37...53mm, 1 x M32: Ø 18...25mm
Pre-Charge <sup>7)</sup>	Night time operation with restart capability
Anti-PID <sup>8)</sup>	Based on night time polarisation of the array

Efficiency curves of PVS-175-TL



- 1) Multicontact MC4-Evo2. Cable couplers may accept up to 10mm<sup>2</sup> (AWG8)
- 2) Available as an option. Performance in line with the relevant requirements of the Draft IEC 63027 standard
- 3) The AC voltage and frequency range may vary depending on specific country grid standard
- 4) Use of aluminum cables is possible via bi-metallic cable lugs
- 5) As per IEEE 802.11 b/g/n standard, 2.4 GHz
- 6) Check your sales channel for availability of the applicable grid standard for your country

- 7) The inverter cannot verify the photovoltaic array isolation resistance before connection during Night time. When this accessory is present, the inverter must be installed and operate in "restricted areas (access limited to qualified personnel)" according to IEC 62109-2
- 8) Cannot operate simultaneously with the night mode

**Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product**



For more information please contact your local FIMER representative or visit:

fimer.com

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. FIMER does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document.

We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its contents – in whole or in parts – is forbidden without prior written consent of FIMER. Copyright© 2020 FIMER. All rights reserved.



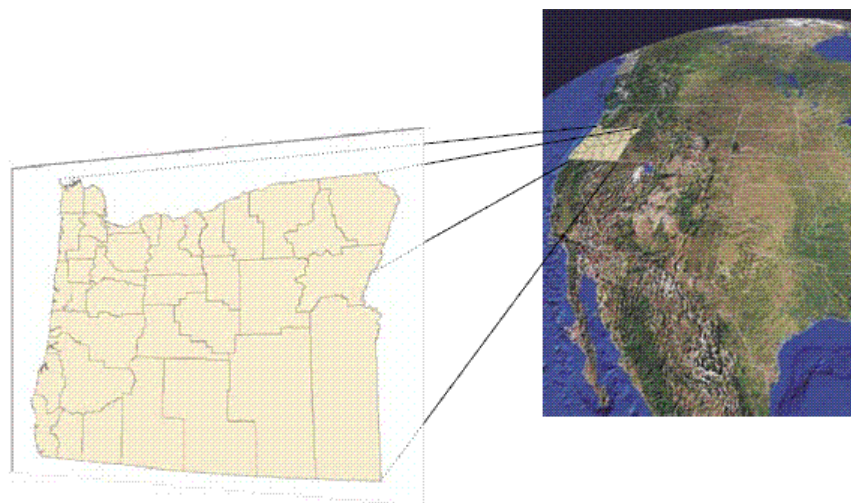
PVS-175-TL\_EN\_REV.C 09-06-2021

## GEORREFERENCIACION DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LAS CUEVAS

La georreferenciación es el proceso que tenemos de asociar información geográfica a un conjunto de datos como puede ser en este caso una imagen, un mapa o una base de datos, de manera que se pueda localizar en un espacio geográfico concreto. En este caso la base que se utiliza para la georreferenciación se basa principalmente en el uso de coordenadas geográficas que ubican una superficie terrestre mediante el uso de un conjunto de valores numéricos.

Mediante el uso de coordenadas geográficas podremos georreferenciar un conjunto de datos que corresponden a cada punto. Para realizar esta tarea tenemos varias opciones, algunas de ellas son el uso de GPS o sistema de posicionamiento global o mediante la identificación de puntos de referencia en un mapa que tomemos. Una de las opciones más utilizadas aparte de estas dos es el uso de imágenes satelitales que contienen información de ubicación geográfica.

Una vez que se hemos establecido estas coordenadas para cada punto podremos utilizar herramientas de software especializadas que nos permitirán tanto visualizar como analizar la información georreferenciada.



*Figura 34: Ejemplo de georreferenciación*

En nuestro caso para llevar a cabo la georreferenciación de nuestro territorio en el municipio de Utiel vamos a utilizar el programa de QGIS.

QGIS se trata de un software de código abierto que supone un sistema de información geográfica que se utiliza principalmente para la creación, visualización y análisis de los datos geoespaciales.

Gary Sherman en el año 2002 en la Universidad de Alaska Fairbanks fue el encargado de desarrollar este software por primera vez, lo que ha sentado las bases y se ha convertido en uno de los sistemas de información geográfica más populares y utilizados en todo el mundo.

QGIS debe su popularidad a la amplia gama de características y de funcionalidades que nos ofrece entre las que se encuentra la visualización de los datos geoespaciales, la creación y edición de los mapas, la gestión de los datos espaciales y la georreferenciación de imágenes entre otras muchas cosas. Otro de los aspectos que lo caracterizan es la amplia variedad de formatos de datos geoespaciales con los que cuenta, las amplias bases de datos y la integración con otros sistemas SIG.



*Figura 35: Principal logo de QGIS*

Se ha realizado la georreferenciación del terreno de la comunidad de regantes de Las Cuevas, a continuación, se muestra un mapa de la zona:

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

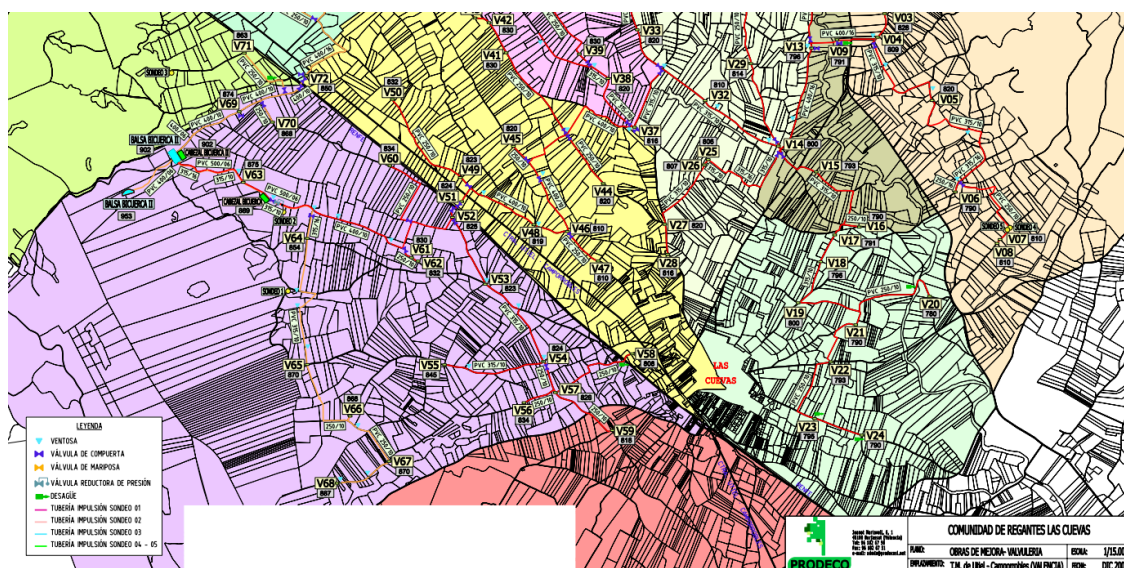


Figura 36: Mapa de los terrenos de la comunidad de regantes de Las Cuevas

Para georreferenciar la comunidad de regantes de Utiel se han seguido una serie de pasos:

En primer lugar, se ha utilizado la imagen aérea de la comunidad de regantes de Las Cuevas y se ha cargado esta capa raster en el lienzo de QGIS.

Una vez se ha abierto la ventana del georreferenciador se añade un punto de control y se selecciona un punto identificable en la capa raster que se desea georreferenciar. Este paso se puede hacer seleccionando el punto en el mapa o ingresando las coordenadas manualmente.

A continuación, se selecciona un punto en la capa de referencia que coincida con el punto seleccionado. Mediante este procedimiento se van agregando diferentes puntos en diferentes áreas de la capa raster. Cabe destacar que cuantos más puntos se vayan añadiendo mayor precisión tendrá la georreferenciación.

Muchas veces la precisión no es del todo adecuada, por lo que si mostramos los errores de solución podremos calibrar esta precisión lo máximo posible.

Para hacernos una idea y a modo de resumen, cuando georreferenciamos en QGIS implica que tenemos que agregar puntos de control en una capa raster y asociarlos con puntos de referencia en una capa de referencia que nos permita ajustar la capa raster a su ubicación geográfica correcta. Los pasos claves de ello incluyen ajustar esta transformación que se ha realizado y revisar la precisión antes de que se guarde la capa georreferenciada.

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

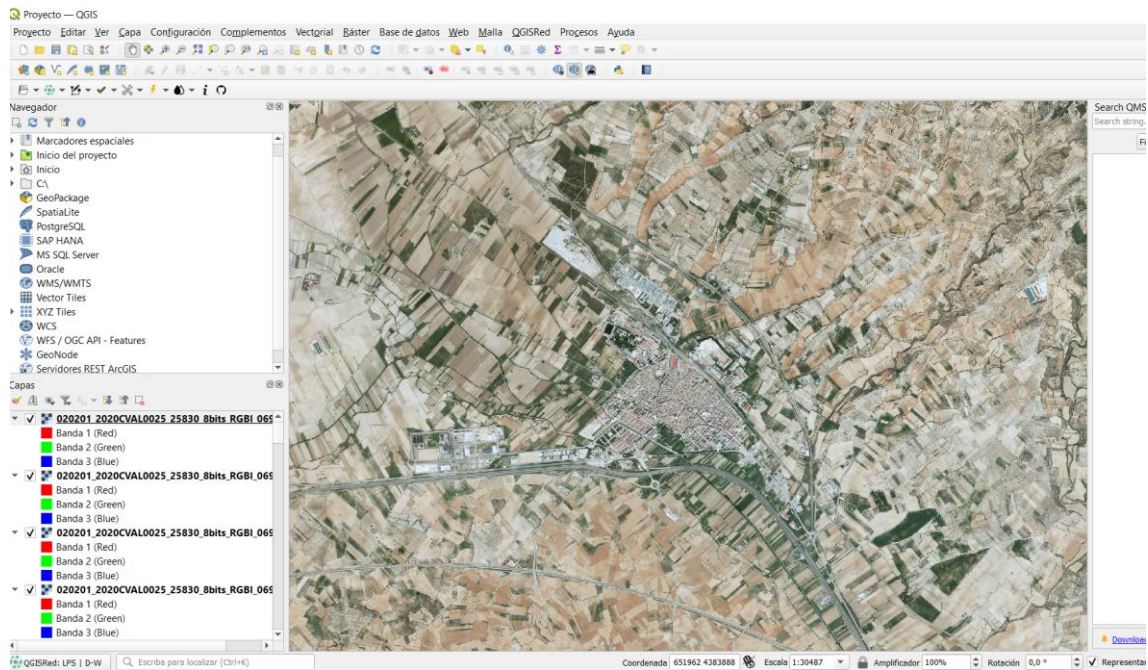


Figura 37: Georreferenciación de la comunidad de regantes Las Cuevas

### Diseño de la Red en Epanet

Una vez se ha georreferenciado se exportará el diseño a Epanet para realizar diversos cálculos de la red:

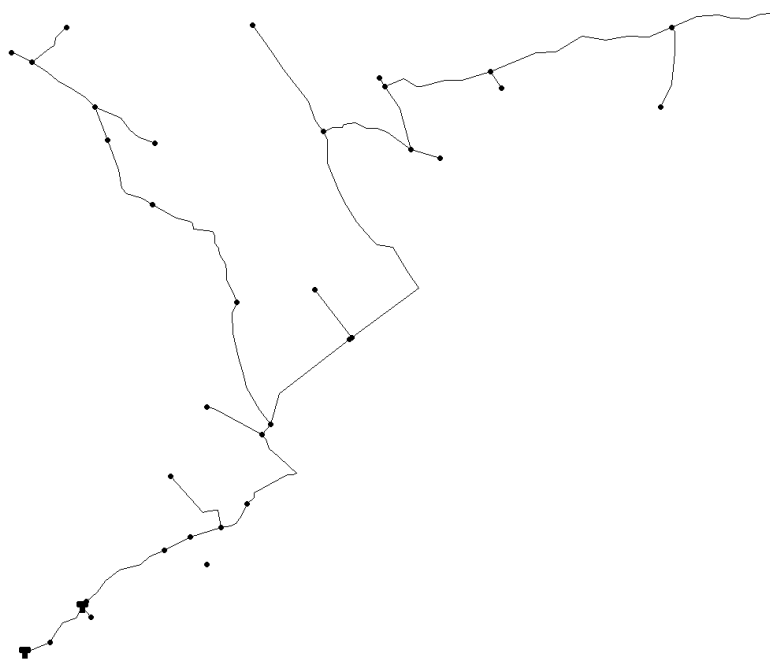


Figura 38: Diseño parcial de la comunidad de regantes de Las Cuevas en EPANET



EPANET es un software libre que nos permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nudos, para así poder obtener la presión y los caudales en nodos y tuberías, así como también el análisis de la calidad de las aguas a través de las cuales podemos determinar el tiempo de viaje del fluido desde la fuente hasta el nodo que queramos del sistema, lo que nos permitirá realizar grandes estudios de nuestra red. En general es utilizado para cualquier sistema de distribución de agua potable, aunque por norma general se puede utilizar para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión.

En líneas generales, se trata de una herramienta de investigación que nos permite mejorar el conocimiento del movimiento y destino del agua y sus contribuyentes en una red de aguas.

### Estudio de posible instalación de bombas en paralelo

La modernización de los sistemas de riego permite en gran medida mejorar los procesos productivos y de aplicación en el uso del agua cuando se aumentan las necesidades de bombeo y se produce como consecuencia un aumento en la energía que se tiene que consumir. Todo esto si se une al aumento que ha habido últimamente con el precio de la energía afecta de forma directa a la rentabilidad de los cultivos y la viabilidad de muchas de las explotaciones. Siguiendo un poco con la temática expuesta, el uso de la energía solar fotovoltaica para poder alimentar las estaciones de bombeo se ha convertido en una de las mejores alternativas debido a su fiabilidad y a su alta rentabilidad y amortización. En este sentido el dimensionamiento del sistema de bombeo que es alimentado con esta energía solar fotovoltaica de la que hablamos debe tener muchos parámetros en cuenta como la variabilidad de la radiación solar, que se hace indispensable para la obtención de la energía sobre todo en aquellas épocas del año en la que la irradiación es insuficiente.

Por otro lado si investigamos en este caso concreto, el sistema de riego de la comunidad de regantes de **LAS CUEVAS** en Utiel, estudiaremos el efecto que tendría aumentar el número de bombas en paralelo manteniendo la potencia total, así como la relación que habría entre la potencia fotovoltaica que instalaríamos y la potencia del sistema de bombeo más óptimo par así poder satisfacer las necesidades de bombeo durante todo el año y de forma más especial en aquellos meses del año en los que la irradiación es menor.

Hay que tener en cuenta que el volumen bombeado aumentó al aumentar el número de bombas que se van a instalar en paralelo para un mismo generador de energía fotovoltaica. Hay que recalcar que este incremento tiene un límite, más haya del cual no se consigue un aumento significativo del volumen, los costes de instalación aumentan. Para la misma potencia de bombeo

## Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

instalada, la potencia que nuestro generador fotovoltaico necesita disminuye a medida que aumenta el número de bombas en paralelo.

### Procedimiento y Nomenclaturas

El procedimiento que hay que utilizar para poder determinar el número más adecuado de bombas a instalar en paralelo en el bombeo de agua que hay entre dos depósitos en el caso de que queramos minimizar el tamaño del generador fotovoltaico garantizando las necesidades de bombeo, es fácilmente generalizable para dimensionar sistemas fotovoltaicos aislados de bombeo de agua.

A continuación, vamos a poner las nomenclaturas que hemos utilizado para la optimización del sistema fotovoltaico:

Nomenclaturas	Descripción
A <sub>Ph</sub>	Horas de potencia disponible
C	Coefficiente de rugosidad
C <sub>s</sub>	Consumo específico de energía
CWR <sub>day</sub>	Necesidad de agua del cultivo
D	Diámetro interior
EE	Energía eléctrica
EEE	Eficiencia energética del sistema
ET <sub>c</sub>	Evapotranspiración de los cultivos
ET <sub>o</sub>	Evapotranspiración de referencia
f <sub>cmonth</sub>	Factor de corrección mensual
F <sub>p</sub>	Factor de potencia
G	Irradiación
G <sub>maxi</sub>	Radiación solar media diaria disponible para cada mes
g	Aceleración debida a la gravedad
H <sub>m</sub>	Altura de bombeo
H <sub>mi</sub>	Altura necesaria para el conjunto de bombas en cada hipótesis
HE <sub>i</sub>	Promedio mensual de energía diaria necesaria (kWh)
h <sub>f</sub>	Pérdida de altura debida a la fricción
h <sub>s</sub>	Pérdida de carga por singularidades
IWh <sub>pumpi</sub>	Horas semanales en las que la potencia suministrada a las bombas de cada hipótesis es superior a la necesaria
K <sub>c</sub>	Coefficiente de cultivo de los cítricos
L	Longitud de la tubería de descarga

**Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas**

MPPT	Controladores de seguimiento del punto de máxima potencia
MUMi	Mes más desfavorable
N	Número de bombas consideradas en cada una de las hipótesis
MUMi	Mes más desfavorable

*Tabla 9: Primera tabla de Nomenclaturas y su correspondiente descripción*

Nomenclaturas	Descripción
Nh	Número de horas de funcionamiento
NOCT	Temperatura nominal de funcionamiento de la célula
Npanels	Número de paneles fotovoltaicos
Nbombas	Número de bombas en paralelo
Pbi	Potencia requerida por las bombas
PCh	Coste del modelo de bomba en cada hipótesis
PH	Horas de funcionamiento de la bomba
Pint	Potencia del generador fotovoltaico
Pnet	Potencia neta
Pp	Potencia pico
PSH	Horas solares pico
PV	Fotovoltaica
PVCh	Coste del panel fotovoltaico
Q	Caudal
Qi	Suma del caudal de todas las bombas en funcionamiento en cada hipótesis
QIP	Caudal de una sola bomba
Qbombas	Caudal de una bomba
T	Temperatura
Tcel	Temperatura de la célula fotovoltaica
TMY	Año meteorológico típico
V	Volumen bombeado anual
Vday	Volumen bombeado diario
Vmes	Volumen bombeado mensual
Vsemana	Volumen bombeado semanal
Z2-Z1	Diferencia de elevación
$\eta$	Eficiencia de la bomba
$\eta_{fc}$	Eficiencia del inversor
$\eta_i$	Eficiencia de cada bomba en cada hipótesis
$\eta_{mp}$	Eficiencia de la motobomba
$\gamma$	Peso específico del agua
$\rho$	Densidad del agua
$\alpha_p$	Coefficiente de temperatura de la potencia máxima

*Tabla 10: Segunda tabla de Nomenclaturas y su correspondiente descripción*

Los periodos de sequía que se han producido durante las últimas décadas junto con la creciente demanda de agua para los usos diferentes que se dan en la agricultura, dan por consiguiente una necesidad en la modernización de los sistemas de riego en las zonas áridas y semiáridas de nuestra península. Todo esto busca el objetivo de aumentar la eficiencia en los sistemas de riego, que como se ha comentado en otros puntos, tradicionalmente la energía que se empleaba venia de combustibles fósiles que tienen un impacto medioambiental muy negativo y cuyo coste no para de subir año tras año.

Todos estos puntos que hemos indicado provocan que teniendo en cuenta que en la zona del mediterráneo el tiempo es favorable y hay una abundante disponibilidad de luz solar hacen que la generación fotovoltaica sea idónea. En España el aumento de la capacidad de generación fotovoltaica y la reducción de costes de los paneles solares han hecho cada vez más atractiva la sustitución de las energías renovables. Otro punto muy importante para destacar es la de los beneficios económicos que supone y la posibilidad de instalar energía fotovoltaica en zonas que tienen un difícil acceso a la energía convencional y los beneficios medioambientales que se obtienen. Por poner un ejemplo, cada vez que se genera de forma fotovoltaica un kWh se evita la emisión a la atmosfera de 0,264 kg de CO<sub>2</sub>.

Hay un gran número de estudios que respaldan el uso de la energía fotovoltaica que dan, más aún si cabe, seguridad a la hora de apostar por ella.

Aunque parecen todo ventajas, todavía queda mucho que mejorar y muchos aspectos que optimizar en el sistema de riego, por ejemplo, muchos autores y estudios se han centrado en optimizar la gestión de los sistemas de riego mediante la combinación de paneles fotovoltaicos y de baterías y proponiendo a su vez un método optimizado de gestión energética en el cual durante los periodos nublados en los que la energía fotovoltaica es insuficiente, completaríamos esta diferencia de demanda con la energía almacenada en una batería.

Hay varios estudios que demuestran de forma teórica que el uso de dos bombas de igual tamaño que trabajan en paralelo en lugar de una única bomba permite que el inicio y la detención del bombeo a niveles de irradiancia sea más bajo.

También se propuso una estrategia de bombeo que optimiza el uso de la energía disponible. Se realizo la validaron de idoneidad de esta estrategia para distribuir la energía generada por un sistema de bombeo fotovoltaico equipado con dos bombas idénticas trabajando en paralelo.

Aunque estos trabajos muestran el interés de utilizar varias bombas en paralelo en lugar de una única bomba de mayor tamaño, aún no se ha establecido un método para determinar el número más adecuado de bombas a colocar en paralelo, así como sus consecuencias sobre el tamaño del generador fotovoltaico necesario para cubrir una demanda concreta.

En este trabajo se va a determinar un caso práctico de bombeo de agua calculando cual sería el número de bombas más adecuado desde el punto de vista técnico y económico que pueden conectarse en paralelo, así como establecer de alguna manera cual sería el tamaño óptimo.

El objetivo principal de este trabajo es determinar, para un caso práctico de bombeo de agua entre dos depósitos, el número de bombas más adecuado desde el punto de vista técnico y económico que pueden conectarse en paralelo, así como establecer el tamaño óptimo del generador fotovoltaico necesario. Además, se discute el efecto del tamaño del generador fotovoltaico sobre el volumen bombeado bajo cada una de las configuraciones estudiadas.

### **Caso de estudio**

La metodología propuesta se aplica al estudio de una instalación de bombeo a cargo de la comunidad de regantes de Las Cuevas en Utiel (Comunidad Valenciana, España), en el Este de la Península Ibérica.

Las necesidades de agua se basan en el cultivo frutícola local predominante (almendro y vid) durante todo su ciclo de crecimiento, suponiendo una cubierta de copas superior al 70%. Los datos de cultivo y climáticos necesarios para establecer las necesidades de riego se obtienen del Sistema de Información Agroclimática para el Riego (SIAR) ([www.siar.es](http://www.siar.es)).

Se seleccionó para todas las bombas el mismo fabricante de marca que la bomba preexistente utilizada en la hipótesis de referencia. Las simulaciones operativas se realizaron de acuerdo con los modelos de este fabricante. La selección de las bombas, con distintos puntos de funcionamiento en función del número de bombas estudiado, se realiza en función del rendimiento máximo que pueden proporcionar los modelos de bomba.

En este estudio se han considerado ocho casos o hipótesis. La hipótesis de partida (hipótesis 1) tiene una única bomba necesaria para satisfacer los requisitos hidráulicos del sistema descrito. En la hipótesis 2 se consideran dos bombas, 3 en la tercera hipótesis, etc. Cuando todas las bombas de una de las hipótesis funcionan, el caudal bombeado es igual al caudal bombeado por la hipótesis de referencia.

Esta metodología tenía por objeto determinar el número más eficaz de bombas que funcionan en paralelo, así como la potencia mínima del generador fotovoltaico que garantiza el suministro de agua necesario. Hemos realizado el procedimiento en 5 partes diferentes.

1. Se determinaron el caudal y la altura requeridos por la instalación de bombeo. La hipótesis de partida (hipótesis 1) considera seleccionar una única bomba. A continuación, se consideran las hipótesis siguientes, formadas por el aumento progresivo de bombas de 2 a Nbombas. El número máximo de bombas en paralelo es aquel a partir del cual el sistema formado funciona con un rendimiento hidráulico superior a un determinado umbral, en este caso un 60%.

Se determinó el caudal de bombeo ( $Q_{\text{pump}}$ ,  $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ) para cada bomba en cada hipótesis, así como la pérdida de carga debida a la fricción ( $h_f$ , m) y a las singularidades localizadas ( $h_s$ , m). Se determinó la altura de bombeo ( $H_m$ , m) para cada hipótesis.

2. La determinación de la potencia pico del generador se basa en el método del mes más desfavorable (MUMi).

La potencia generada se determinó cada hora en función de la radiación solar incidente sobre el plano de captación, corregida por el efecto de la temperatura de la célula fotovoltaica para cada día ( $T_{\text{cel}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ). La potencia horaria del generador fotovoltaico ( $P_{\text{int}}$ , W) determina la potencia neta para cada hora y día ( $P_{\text{net}}$ , W), considerando la eficiencia del generador.

3. Las hipótesis de bombeo se formularon con diferentes Nbombas funcionando en paralelo. Este proceso se llevó a cabo de la siguiente manera:

La primera hipótesis estaba formada por una bomba que proporciona el caudal requerido a la presión necesaria ( $Q$ ,  $H_m$ ). La segunda hipótesis estaba formada por dos bombas iguales en paralelo, la tercera por tres y así sucesivamente hasta las ocho bombas de la octava hipótesis. Cuando todas las bombas de cada hipótesis funcionan, se alcanza el mismo punto de funcionamiento que con la hipótesis 1. Sin embargo, cuando sólo funciona una bomba, el caudal bombeado es aproximadamente  $1/N_{\text{bombas}}$  de cada hipótesis.

Las bombas se seleccionaron en función del  $Q$  y  $H_m$  requeridos, y se determinó el rendimiento de cada bomba ( $\eta$ ) para cada hipótesis. A continuación, se calculó la potencia necesaria para cada número de bombas en funcionamiento dentro de cada hipótesis ( $P_{(b_i)}$ , W).

Los volúmenes bombeados se calcularon por horas a lo largo del año considerando el número de horas en que la potencia disponible ( $A_{\text{Ph}}$ , h) es suficiente para hacer funcionar el máximo número posible de bombas dentro de cada hipótesis; es decir, cuando la potencia neta ( $P_{\text{net}}$ ) es superior a la potencia requerida por las bombas  $P_{(b_i)}$ . Considerando que cada hipótesis hará funcionar siempre el mayor número posible de bombas condicionado por la potencia disponible ( $A_{\text{Ph}}$ ) para maximizar el volumen descargado.

Finalmente, los volúmenes bombeados diariamente ( $V_{\text{day}}$ ,  $\text{m}^3\text{día}^{-1}$ ) se calcularon multiplicando las horas de funcionamiento de cada bomba por el caudal de cada bomba y sumando el caudal de todas las bombas trabajando en cada hipótesis ( $Q_{\text{bomba}}$ ,  $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ).

4. El mismo cálculo se realizó considerando diferentes tamaños de generador fotovoltaico para cada hipótesis.

5. 5. Se determinó el número óptimo de bombas ( $N_{\text{bombas}}$ ) en base a criterios económicos con la menor relación entre el agua bombeada y el coste económico de la estación de bombeo.

Se muestra un esquema metodológico para seleccionar las bombas óptimas para una estación de bombeo fotovoltaica.

### **Hipótesis y discusión**

El volumen de agua necesario para cubrir las necesidades hídricas de un cultivo de Uvas y almendros con una cobertura superior al 70% en el mes más desfavorable (Julio) es de 3,43 mm día<sup>-1</sup>, lo que significa que se requiere un volumen de agua diario de 1.680 m<sup>3</sup> para toda la superficie regada (489.306 m<sup>2</sup>). Con la bomba seleccionada (hipótesis de referencia) y los requisitos de presión necesarios (280 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, 25,1 m), se necesitan seis PSH para impulsar el volumen requerido, lo que encaja con la radiación media diaria en agosto (6,43 kWh m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>).

La tabla 1 resume los resultados de las ocho hipótesis consideradas. La primera es la hipótesis de referencia.

Vamos a hacer este estudio únicamente para el rebombeo entre balsas, ya que para las bombas de los pozos no merece la pena debido a que sería necesario realizar perforaciones en las tuberías y no sería rentable económicamente.

A continuación, se expone la ficha técnica de la bomba que rebombea el caudal entre las balsas y todas sus especificaciones técnicas:

Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas

 		OFERTA Nº Valencia-7091006 FECHA 10/09/2007 POSICION 1 REF TSA0015952 Persona de contacto Luis Félix González	
CLIENTE TRAGSA DIRECCION A/A SR. Delegación Provincial de Valencia TELEFONO. FAX			
CONDICIONES Y DATOS DE SERVICIO		CARACTERISTICAS DE LA BOMBA	
Fluido	Agua	Bomba tipo	RNI 150-50 50 Hz
PH	7-8	Nº Fases	1
P. Especifico	1	Velocidad	1450 rpm
Temperatura	20-25 °C	Rendimiento hidráulico	77,8%
Caudal	117 L/s	Potencia absorbida (pto trabajo).	128,33 CV
Altura manométrica	64 m	Pot. absorbida (máx. en la curva).	152,28 CV
Accionamiento	Bomba con bancada y motor	N.P.S.H.r.	-- m
Potencia motor	175 CV	Diámetro brida de aspiración	200 mm
Motor eléctrico		Diámetro brida de impulsión	150 mm
Voltaje	3ph-400/690 V	Material Cuerpo Bomba	Hierro fundido GG-25
Protección	IP 55	Material Rodete / impulsor	Hierro fundido GG-25
Aislamiento clase	F	Material Eje Bomba y Cabezal	Inox AISI 420
		Camisa del eje	
		Material aros cierre	
		Estanqueidad	Cierre mecánico acero-grafito
		Tomillería	Estándar
		Lubricación rodamientos	Modelos H Aceite, resto grasa
Notas			

Figura 39: Bomba entre balsas sobre la que se hará el estudio

Tabla 1 Hipótesis, número de bombas, caudal individual ( $m^3h^{-1}$  bomba-1), caudal total impulsado ( $m^3h^{-1}$ ), altura dinámica total (m),  $\eta_{mp}$  (%) de cada bomba y potencia requerida ( $P_b$ , kW) para las bombas en funcionamiento.



**Estudio económico de una instalación de bombeo fotovoltaica para la comunidad de regantes de Las Cuevas**

Hipótesis (Número de bombas)	Número de bombas en funcionamiento	Q (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> pump <sup>-1</sup> )	Total Q (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	Hm (m)	$\eta_{mp}$ (%)	$P_b$ (kW)
1	1	360	360	25	78,50%	24,3
2	1	180	180	25	78,20%	15,7
	2	180	360	25	78,00%	31,4
3	1	120	120	25	74,70%	10,9
	2	120	240	25	74,60%	21,9
	3	120	360	25	74,20%	33,0
4	1	90	90	25	73,20%	8,4
	2	90	180	25	73,30%	16,7
	3	90	270	25	69,80%	26,3
	4	90	360	25	69,10%	35,5
5	1	72	72	25	73,20%	6,7
	2	72	144	25	73,10%	13,4
	3	72	216	25	73,10%	20,1
	4	72	288	25	72,90%	26,9
	5	72	360	25	72,80%	33,7
6	1	60	60	25	71,40%	5,7
	2	60	120	25	71,30%	11,5
	3	60	180	25	71,10%	17,2
	4	60	240	25	70,90%	23,0
	5	60	300	25	69,10%	29,5
	6	60	360	25	68,80%	35,6
7	1	51	51	25	69,40%	5,0
	2	51	103	25	69,30%	10,1
	3	51	154	25	69,20%	15,2
	4	51	206	25	69,00%	20,3
	5	51	257	25	67,90%	25,8
	6	51	309	25	67,50%	31,1
	7	51	360	25	67,20%	36,5
8	1	45	45	25	65,80%	4,7
	2	45	90	25	65,50%	9,4
	3	45	135	25	65,40%	14,0
	4	45	180	25	65,20%	18,8
	5	45	225	25	64,90%	23,6
	6	45	270	25	64,60%	28,4
	7	45	315	25	64,30%	33,3
	8	45	360	25	63,80%	38,4

*Tabla 11: Tabla hipótesis con el número de bombas*

Este estudio se limitó a ocho bombas en paralelo, considerando que con este número cubriríamos el rango en el que se encontraría el número óptimo, como efectivamente ocurrió y se comenta a continuación.

La tabla muestra que, dentro de las hipótesis, el caudal (Q total) y la presión de diseño (Hm) se alcanzan cuando las bombas de cada hipótesis están en funcionamiento. La presión necesaria para bombear un caudal menor también es inferior a la esperada porque disminuyen las pérdidas de energía, como ocurre cuando, dentro de una hipótesis, no funciona el número máximo de bombas. Cabe destacar que cuanto mayor es el número de bombas que tiene una hipótesis, menor es su rendimiento (por ejemplo,  $\eta = 78,5\%$  frente a  $63,80\%$  en las hipótesis 8 y 1, respectivamente), lo que también era de esperar ya que el rendimiento de las bombas disminuye con el tamaño. Estos valores de rendimiento son valores razonables para bombas de estas características.

### **Conclusiones**

En este trabajo se ha estudiado un caso particular de instalación fotovoltaica aislada para el bombeo de agua entre dos depósitos, repartiendo la potencia total de bombeo necesaria entre varias bombas más pequeñas en el fotovoltaica necesaria para satisfacer las necesidades de bombeo de agua y reducir el coste total de la instalación.

Los resultados muestran que el volumen bombeado aumentaba con el número de bombas disponibles en paralelo, al tiempo que disminuía el tamaño del generador fotovoltaico necesario. Sin embargo, la ganancia en el volumen bombeado disminuyó con cada bomba adicional, y a la disminución inicial de los costes totales siguió de las bombas era mayor que la reducción del coste del generador fotovoltaico.

En el caso analizado, no se consiguieron aumentos significativos del volumen bombeado con más de cinco bombas en paralelo, ni fue necesario reducir el tamaño del generador, mientras que el coste total de la instalación aumentó significativamente al aumentar el número de bombas.

En comparación con la instalación de una sola bomba (hipótesis de referencia), con la instalación de cinco bombas en paralelo fue posible bombear hasta un 25% más de agua a lo largo del año, con una reducción del 43,1% de la potencia pico necesaria del generador y una reducción del 13,3% del coste de la instalación en comparación con la hipótesis de referencia.

El procedimiento utilizado para determinar el número de bombas a instalar en paralelo para bombear agua entre dos depósitos para minimizar el tamaño del generador fotovoltaico y garantizar al mismo tiempo los requisitos de bombeo es fácilmente generalizable para sistemas fotovoltaicos aislados de bombeo de agua.

## 9 BIBLIOGRAFIA

-Corominas, J. (Septiembre de 2010). *Agua y energía en el riego, en la época de sostenibilidad*.

-<http://www.ingenieriadelaagua.com/2004/download/17-3%5Carticle3.pdf> De Eça Guimaraes de Abreu, J. M., Espert Alemany, V., García-Serra García, J., Sanz, F., & Cabrera Marcet, E. (2012).

-*Transitorios hidráulicos del régimen estacionario al golpe de ariete*. Valencia: UPV. Delta Volt. (2018). *Energías Renovables. Bombear agua con Energía Solar*.

-*Las ventosas como sistema de protección en el arranque de bombas de pozo*. Ingeniería del Agua. Hernández García, A. (Junio de 2015). *La modernización de regadíos. Situación actual y retos de futuro*.

-<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica>

-<https://ovacen.com/energias-renovables/solar/fotovoltaica>

-[https://ratedpower.com/pvdesign/?utm\\_term=energia%20pv&utm\\_campaign=Spain+-+Photovoltaics&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=7729797172&hsa\\_cam=14804896922&hsa\\_grp=127789368677&hsa\\_ad=548814141509&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-357301562589&hsa\\_kw=energia%20pv&hsa\\_mt=p&hsa\\_net=adwords&hsa\\_ver=3&gad=1&gclid=Cj0KCQjwgNanBhDUARIsAAelcAuvmgxk8JNwpZ-7UVzh5QVxhfqbp3C7dj09J\\_EMoOC043os8lG9SCYaAjYSEALw\\_wcB](https://ratedpower.com/pvdesign/?utm_term=energia%20pv&utm_campaign=Spain+-+Photovoltaics&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=7729797172&hsa_cam=14804896922&hsa_grp=127789368677&hsa_ad=548814141509&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-357301562589&hsa_kw=energia%20pv&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad=1&gclid=Cj0KCQjwgNanBhDUARIsAAelcAuvmgxk8JNwpZ-7UVzh5QVxhfqbp3C7dj09J_EMoOC043os8lG9SCYaAjYSEALw_wcB)

-<https://www.cursosaula21.com/que-es-energia-solar-fotovoltaica>

-[https://solarprofit.es/es/presupuesto-placas-solares/?utm\\_campaign=GoogleAds\\_search\\_solar-es&utm\\_source=GoogleAds&utm\\_medium=web\\_fv&utm\\_term=panel%20solar%20precio&utm\\_content=658858222472&gclid=Cj0KCQjwgNanBhDUARIsAAelcAsqBFnVHHWLBf33N45MUXQKG0oY7hTjYywj-xoRBnnCpSe6KEcZe90aAkoiEALw\\_wcB](https://solarprofit.es/es/presupuesto-placas-solares/?utm_campaign=GoogleAds_search_solar-es&utm_source=GoogleAds&utm_medium=web_fv&utm_term=panel%20solar%20precio&utm_content=658858222472&gclid=Cj0KCQjwgNanBhDUARIsAAelcAsqBFnVHHWLBf33N45MUXQKG0oY7hTjYywj-xoRBnnCpSe6KEcZe90aAkoiEALw_wcB)

*-<https://eniplenitude.es/blog/autoconsumo/precio-placas-solares/>*

*-<https://atersa.shop/como-calculo-cuantos-paneles-solares-necesito-para-mi-casa>*

*-<https://sotysolar.es/placas-solares/calculo-cuantas-placas-necesito>*

*-<https://solfy.net/placas-solares/cuales-son-las-ventajas-y-desventajas-de-los-paneles-solares/>*

*-<https://www.iberinform.es/empresa/7137670/comunidad-de-regantes-las-cuevas>*

*-<https://iv.revistalocal.es/plano-comunidad-regantes-utiel/>*