



UNIVERSITAT JAUME I

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD**

***DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA
ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS
PARA RIEGO DE CULTIVOS***

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

AUTOR
Óscar Tena Salvador

DIRECTOR
Antonio Fabian Vela Gasulla

Castellón, Noviembre de 2020

I. ÍNDICE

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

I. ÍNDICE

II. MEMORIA

1. Introducción.....	9
1.1 Antecedentes.....	9
1.2 Objeto del proyecto.....	10
2. Instalación de regadío.....	10
2.1 Sistemas de distribución de agua. Componentes.....	13
2.2 Eficiencia energética en equipos de bombeo.....	16
3. Abastecimiento energético.....	18
3.1 Nuevo cableado para conexión con red eléctrica.....	18
3.2 Motor de combustión.....	19
3.3 Instalación fotovoltaica de autoconsumo.....	20
3.4 Instalación eólica de autoconsumo.....	21
3.5 Solución adoptada.....	23
4. Diseño de la instalación	24
4.1 Ubicación y características de la finca.....	24
4.2 Instalación solar fotovoltaica.....	25
4.3 Diseño de la instalación hidráulica.....	27
4.3.1 Introducción.....	27
4.3.1 Dimensionado de la instalación.....	31
4.4 Diseño de la instalación solar fotovoltaica.....	53
4.4.1 Características de la zona.....	53
4.4.2 Energía eléctrica de diseño.....	57
4.4.3 Elección del módulo fotovoltaico.....	59
4.4.4 Cálculo de módulos fotovoltaicos.....	61
4.4.5 Dimensionado del inversor.....	62
4.4.6 Disposición de los módulos fotovoltaicos.....	62
4.4.7 Dimensionado del regulador.....	65
4.4.8 Energía generada.....	66
4.4.9 Fuente de energía alternativa.....	68
4.4.10 Auditoría energética.....	73
5. Presupuesto.....	74
6. Conclusiones.....	74
6. Bibliografía.....	76

III. ANEXOS

Anexo I. Finca.....	79
Anexo II. Distribución de parcelas.....	81
Anexo III. Superficies de modelado.....	83
Anexo IV. Red de distribución.....	85
Anexo V. Red de riego.....	87
Anexo VI. Instalación de riego.....	89
Anexo VII. Comparativa de bombas de riego.....	91
Anexo VIII. Variador de frecuencia.....	99
Anexo IX. Datos mensuales de irradiancia.....	113
Anexo X. Datos diarios de irradiancia.....	117
Anexo XI. Paneles fotovoltaicos.....	121
Anexo XII. Inversor.....	127
Anexo XIII. Regulador.....	135
Anexo XIV. Baterías.....	139
Anexo XV. Grupo electrógeno.....	145
Anexo XVI. Datos económicos.....	149

II. MEMORIA

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Actualmente, debido a los altos costes energéticos, la inestabilidad del mercado, la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero, y a la sequía en ciertas zonas, tiene gran importancia la eficiencia en el uso del agua.

Durante años, se ha estudiado la forma correcta de regar los cultivos para aumentar la productividad, promoviendo la conservación y el uso racional del agua, y teniendo en cuenta los ciclos inevitables de sequía. Esto ha hecho que se hayan implantado diversos planes y normativas tanto a nivel nacional, como a nivel europeo.

En España, existen diversas fincas y terrenos en zonas con climas poco lluviosos, y por falta de recursos hídricos y sociales, no están siendo explotadas. Además de no generar ningún beneficio económico, fomentan la despoblación en zonas rurales. Estas fincas pueden llegar a ser un problema ecológico, ya que, debido a las altas temperaturas y a la falta de humedad, son zonas de riesgo para incendios forestales.

Los cultivos tradicionales de muchas zonas rurales, han perdido valor y rentabilidad, debido a la mayor competencia existente a nivel mundial y a la existencia de grandes explotaciones agrarias. Por otro lado, han aparecido nuevas oportunidades gracias a estudios realizados, y la posibilidad de plantación de cultivos originarios de otras zonas con climas similares, amplía las opciones de uso de terreno agrario.

El uso de nuevas tecnologías, permite optimizar el sistema de riego, sobre todo importante en zonas con pocos recursos hídricos, y permite maximizar el rendimiento agrario en fincas rurales. En los últimos años se han renovado los distintos planes y normativas de riego tratando de optimizar recursos. Se ha promovido la modernización de los regadíos y programas de apoyo dirigidos a formación de técnicos y regantes, la normalización de equipos de riego, y estudios sobre eficiencia energética. También se ha dado importancia a la sostenibilidad de regadíos, en los sistemas de transporte distribución y aplicación de agua en parcela, además de promover el uso de recursos hídricos alternativos como agua regenerada depurada a partir de aguas residuales urbanas o agua desalada.

Hay que tener en cuenta que en gran parte de las instalaciones de regadío en funcionamiento, ha aumentado considerablemente el uso de riego por goteo, y la distribución de agua por redes de tuberías a presión ha sustituido el uso de conducciones abiertas por gravedad, que era un sistema en el cual existían muchas pérdidas y era muy poco eficiente.

El uso de regadío es una de las demandas más importante de agua en España, y se concentra en zonas con climas poco lluviosos como son el este y el sur de España. El cambio climático y la geografía de estas zonas dan mayor importancia a la eficiencia energética y al buen uso del agua para un futuro inmediato.

La agricultura no es un sector relevante como causante del cambio climático, sin embargo, es uno de los que se ven más afectados. El cambio climático puede influir en el régimen de lluvias, y aumentar los periodos de sequía en zonas, ya en la actualidad, poco húmedas.

Tiene gran importancia garantizar un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos, un equilibrio territorial y una adaptación al cambio climático mediante la modernización de regadíos. Tanto a nivel nacional como europeo, se han acordado un conjunto de medidas como son mejorar la red de transporte y distribución de agua, la construcción de estaciones de bombeo y filtrado con sus correspondientes redes eléctricas, el aumento de la capacidad de agua almacenada, automatización de instalaciones, uso de recursos hídricos alternativos, y otras diversas actuaciones que ayuden a mejorar la eficiencia energética, y a la vez la sostenibilidad del regadío.

1.2. Objeto del proyecto

El interior de la provincia de Castellón es una de las zonas con las características anteriormente citadas. Existen gran número de terrenos antiguamente destinados a la agricultura, muchas veces para autoconsumo y pequeños comerciantes, abandonados por la situación actual.

El objeto de este proyecto es estudiar una finca con estas cualidades, con una superficie aproximada de 6 hectáreas. El terreno, situado en el término municipal de les Useres, está alejado de grandes poblaciones, y cuenta con pocos recursos hídricos y energéticos. La finca cuenta con un pozo subterráneo, antiguamente usado para autoconsumo, y una plantación de algarrobos abandonados y rodeados de maleza.

El algarrobo, el almendro o la viña, son cultivos usados antiguamente y en la actualidad en esta zona de Castellón. Frutos como la almendra o la algarroba, eran productivos y rentables hace unos cuantos años, gracias al clima y a la abundancia de actividad ganadera en la zona. Actualmente estos cultivos no tienen rendimiento económico, por lo que no resultan interesantes. Por otra parte, en la zona hay varias bodegas vinícolas y sus correspondientes plantaciones de viñedos, siendo éste, un mercado en auge.

Dadas estas circunstancias, se ha decidido, hacer un estudio de una instalación de regadío para una plantación de viñedos. Teniendo en cuenta, la posibilidad de que sea adaptable a distintos tipos de cultivos debido a la situación de la agricultura en la zona, y la posibilidad de plantaciones de cultivos no autóctonos.

Se estudiarán las distintas posibilidades de abastecimiento de agua, los distintos tipos de riego y las opciones de abastecimiento eléctrico para la instalación. El objetivo es diseñar una instalación de regadío autosuficiente, y estudiar la viabilidad de explotación de la finca.

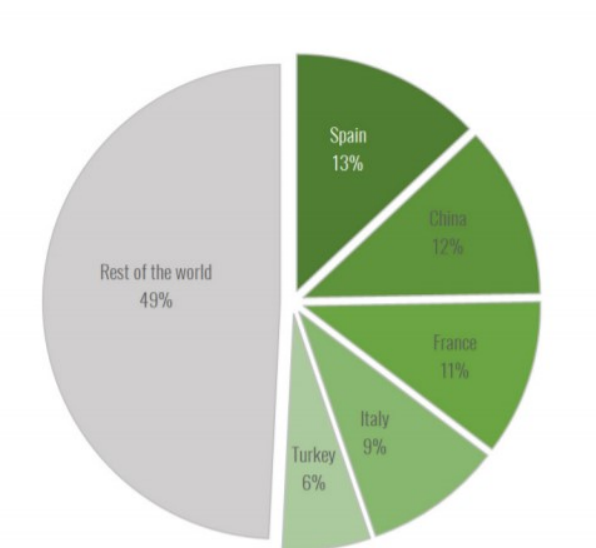
2. INSTALACIÓN DE REGADÍO

Contexto nacional y europeo

En este documento, se va a diseñar una instalación de regadío. La finca tiene unas características que le permitiría realizar plantaciones de cultivos de diversos tipos, tanto de la zona como exóticos. Cómo ya se ha indicado, se va a realizar una instalación de riego para sector vinícola, teniendo en cuenta la posible estandarización y adaptación a otros tipos de cultivos.

El sector vinícola es un mercado en auge a nivel nacional y mundial. Las denominaciones de origen

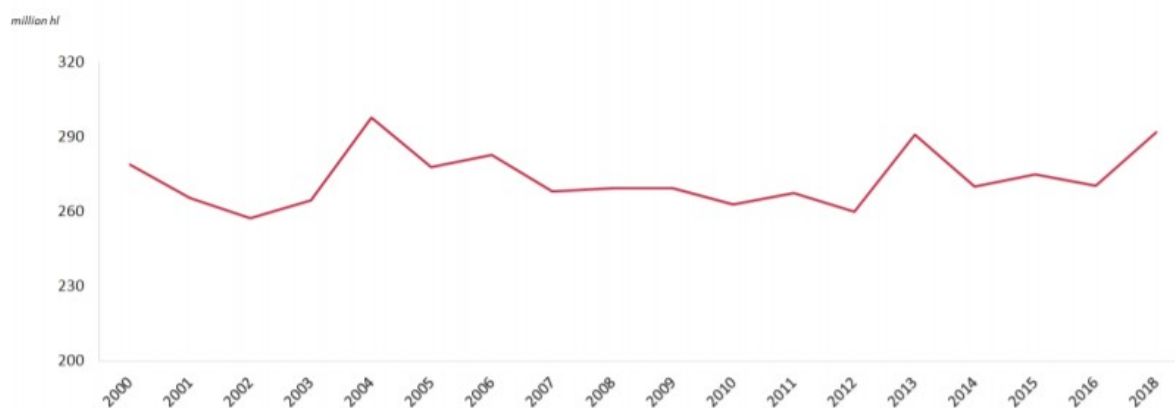
españolas tienen grandes opciones de mercado, y la uva recogida podría tener grandes opciones de venta debido a las diversas bodegas que hay alrededor.



Principales países productores de vino. Fuente OIV.

La producción mundial de vino se estima en 26.000 millones de litros en el año 2019. Una disminución importante en torno al 11,5% respecto al año 2018 según las cifras de la Organización Mundial de la Viña y el Vino (OIV). Los principales países productores de la Unión Europea, que son Italia, Francia y España registraron descensos importantes, obteniendo peores resultados que en años anteriores.

Evolution of world wine production

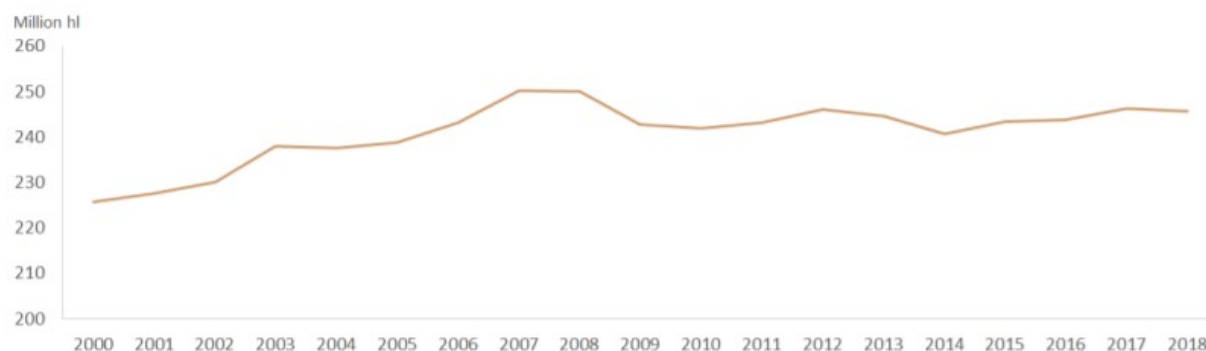


Evolución de la producción mundial de vino. Fuente OIV.

La OIV estima el consumo de vino a nivel mundial en 2019 en 24.400 millones de litros, un

incremento del 0,1% respecto al año anterior. Estados Unidos, primer consumidor a nivel mundial, incrementó el consumo en un 1,8% alcanzando los 3.300 millones de litros.

Evolution of world wine consumption



Evolución del consumo de vino a nivel mundial. Fuente OIV.

Como se observa en el gráfico, el consumo mundial de vino tuvo una tendencia alcista hasta el año 2008, donde se alcanza el máximo de 25.000 millones de litros, experimentándose posteriormente un descenso debido a la crisis financiera. A partir de 2014 se produce otro repunte que permite que el mercado continúe creciendo.

Los principales productores de vino son Italia, Francia y España. Mientras que los países con mayor producción de viñedos son China, Turquía e India. Por otro lado, el mayor consumidor de vino es Estados Unidos con más de 3.000 millones de litros, seguido de Francia, Italia, Alemania y China. España está en el octavo puesto con alrededor de 1.000 millones de litros.

En líneas generales, en el comercio de vino tanto por volumen como por valor, se aprecia una tendencia alcista a largo plazo, a pesar de los altibajos. Desde 2008 la evolución del comercio muestra que EEUU, junto con Asia y Sudáfrica han experimentado fuertes tendencias de crecimiento.

A nivel nacional, y teniendo en cuenta que España es el mayor exportador a nivel mundial, el sector vitivinícola, es uno de los principales motores de la industria agroalimentaria, con un 14,3%. Existen más de 4.000 empresas de diversos tamaños.

El sector vitivinícola en España está en proceso de mejora de sus viñedos, impulsado por planes de reestructuración. Existen gran número de explotaciones de pequeña dimensión y escaso nivel de profesionalización, sin embargo, no son muchas las que son realmente eficientes y competitivas por el alto grado de mecanización y automatización.

El suministro energético es un tema prioritario en la Unión Europea, y algunos de sus objetivos prioritarios son:

- Contrarrestar el cambio climático, cuyo mayor origen son las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a combustibles fósiles para producir energía.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Uso de combustibles finitos y necesidad de sostenibilidad.
- Asegurar el suministro energético: la UE importa la mayor parte del petróleo y del gas natural.

Una mayor eficiencia en el uso de la energía es la manera más efectiva y eficiente para alcanzar los objetivos de la Unión Europea. Sus objetivos de política energética son: seguridad de abastecimiento, sostenibilidad y competitividad.

Contexto local

Los factores más importantes de la explotación de una finca agrícola son el abastecimiento energético, y la obtención del agua de riego. El abastecimiento energético depende de la situación de la finca, y de las opciones energéticas de las que se disponga, ya sean medidas comunes, o bien medidas individuales de autoconsumo.

La mayor parte de las instalaciones de regadío, forman parte de Comunidades de Regantes. Las Comunidades de Regantes son Corporaciones de Derecho Público adscritas al organismo de cuenca correspondiente, reguladas por la Ley de Aguas y que se conforman como organismos comunitarios para el aprovechamiento conjunto de los derechos de uso de una concesión de agua sobre una zona del territorio.

Estas instituciones son de capital importancia en la gestión de la política hídrica nacional ya que son las encargadas de gestionar alrededor del 70% de los recursos hídricos consuntivos y cuentan con un enorme arraigo social dentro del sector productivo de la agricultura de regadío.

La finca, por localización, forma parte de la Comunidad de Regantes de la Fuente de Mes Amunt. Ésta sería una opción, pero debido a la oportunidad de explotación del pozo de agua subterránea disponible en la finca, se contempla un abastecimiento de agua independiente de la comunidad de regantes.

Un pozo de agua o una perforación es una obra de captación vertical que permite la explotación del agua freática contenida en los intersticios o las fisuras de una roca del subsuelo, en lo que se denomina acuífero. El agua puede llevarse hasta el nivel del suelo de manera sencilla con ayuda de un recipiente o más fácilmente con una bomba, manual o motorizada.

Los pozos y las perforaciones presentan una gran diversidad en sus profundidades, volúmenes de agua, coste o pureza, que puede necesitar o no de un tratamiento antes de ser consumida (y cuya calidad conviene además controlar con regularidad, y no únicamente tras finalizar las obras).

Se tratará de recopilar la información necesaria, estudiar diversas alternativas, y seleccionar un sistema de riego genérico, y su correspondiente fuente de energía, que proporcione flexibilidad a la instalación para asegurar una explotación de la finca eficiente y sostenible.

2.1. Sistemas de distribución de agua. Componentes.

Un abastecimiento de agua debe garantizar calidad y cantidad en el servicio. Hay que asegurar el suministro de agua de manera continua y con un mínimo de presión. En la red de distribución, las

tuberías se encargan principalmente del transporte, mientras que los depósitos actúan como elementos reguladores.

Se puede definir un depósito como la estructura adecuada para contener un cierto volumen de agua, con las instalaciones complementarias precisas, para cumplir funciones de regulación de caudales, de carga o ambas, y asegurar el servicio.

Esta seguridad en el servicio se puede ver comprometida en el caso de averías en la red o incendios, pero también se refiere a la satisfacción de la demanda punta diaria, es decir, aquella demanda máxima o crítica.

Las aguas contenidas en un depósito, a través de la red de distribución, van directamente al consumo. En consecuencia, el depósito debe garantizar la inalterabilidad de la calidad de las aguas, evitando variaciones de temperatura, desarrollo de algas, contaminación exterior, y otros agentes externos contraproducentes para el consumo.

En la elección de la tipología más conveniente para un depósito se deben tener en cuenta, además de los criterios de diseño, aspectos de tipo económico. Para ello es necesario realizar una valoración económica de la construcción por m³ del mismo, teniendo en cuenta diferentes tipologías con el fin de poder realizar una comparación. Los depósitos, se puede clasificar:

Según su posición respecto al terreno:

- Enterrados: Se emplean preferentemente cuando existe terreno con cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y la excavación es sencilla. Favorecen la conservación de la temperatura, y tienen buena adaptación al entorno. Generalmente necesitan de grandes excavaciones para construirlos.
- Superficiales: Los depósitos superficiales están contruidos sobre el nivel del suelo, pero apoyados directamente en él, empleándose generalmente cuando el terreno es duro o conviene no perder altura. Resisten peor la influencia de la temperatura ambiente, pero son más fáciles de vigilar y conservar, y la instalación y conservación de las tuberías de entrada y salida se facilita y abarata.
- Elevados: Los depósitos elevados son aquellos cuya solera está por encima del nivel del suelo, y se sustentan mediante una estructura. Suelen tener menor capacidad que el resto de tipos por evidentes motivos estructurales. Típicos para uso de riego por gravedad.

Dependiendo de su función, pueden ser:

- Reguladores de caudal
- Reguladores de presión
- Aseguradores de servicio

Además, según su proceso de instalación y fabricación, existen depósitos contruidos in situ, y depósitos prefabricados.

Para la elección del emplazamiento de un depósito, se debe tener en cuenta una serie de factores

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

como son:

- Medio de abastecimiento de agua hasta el depósito, ya sea por gravedad o por bombeo.
- Cota del emplazamiento, para favorecer la presión en su uso.
- Tiene que realizarse un estudio sobre la cimentación y el terreno sobre el que se asienta, teniendo en cuenta dimensiones y capacidad y asegurando la estanqueidad.
- Considerar la importancia del impacto ambiental y visual.

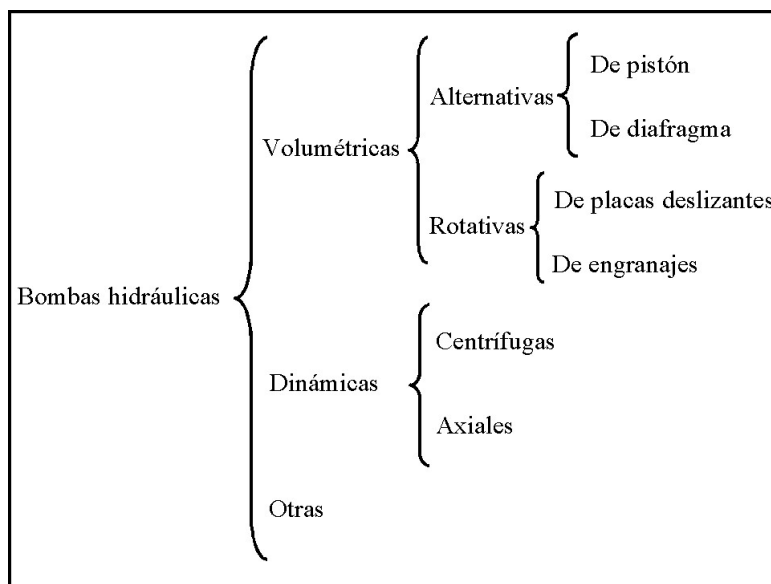
Se debe realizar un estudio de la instalación, para calcular líneas y medios teniendo en cuenta una serie de factores como son:

- Asegurar el suministro de agua al depósito.
- Contemplar volúmenes, máximo y mínimo, para evitar sobrelLENADOS y asegurar sus funciones.
- Materiales adecuados tanto para el depósito como para otras partes de la instalación.

Para su llenado, y para la distribución, existen alternativas, teniendo en cuenta la presión y el consumo necesario como son:

- Por bombeo
- Por gravedad

Las bombas son máquinas en las cuales se produce una transformación de la energía mecánica en energía hidráulica (velocidad y presión) comunicada al fluido que circula por ellas. Existen diversas clasificaciones de tipos de bombas.



Clasificación tipos de bombas.

Para la distribución, las tuberías, hay que tener en cuenta las características del agua y su uso para realizar un correcto dimensionamiento. Además, se va a estudiar el uso adecuado de codos, válvulas, bridas, conexiones y demás elementos para asegurar el uso correcto y la durabilidad de la instalación.

Las válvulas son dispositivos mecánicos utilizados para controlar los fluidos en un sistema de tuberías. Actúan abriendo, cerrando u obturando parcialmente el flujo del fluido. Los tipos principales de válvulas industriales se clasifican:

- Aislamiento: Interrumpen totalmente el flujo.
- Retención: Aseguran el sentido del fluido.
- Regulación: Modifican el flujo en cuanto a cantidad, dirección, concentración...
- Seguridad: Se utilizan para proteger equipos y personal contra la sobrepresión.

Existen diversos tipos de válvulas, pero las que se usan en este tipo de instalación son:

- Válvulas tajaderas: permiten aislar parte del circuito para posibles operaciones de mantenimiento.
- Electroválvulas: accionadas eléctricamente, generalmente por algún tipo de control automatizado. Cierran para evitar fugas y abren en función de las necesidades.
- Válvulas de seguridad: abren en caso de sobrepresión para proteger equipos.
- Válvulas de retención: generalmente para evitar sobrepresiones en las bombas.
- Válvulas reguladoras de caudal: como pueden ser los goteos.

Además, existen elementos necesarios para automatizar la instalación, que funcionan transformando señales hidráulicas en señales eléctricas:

- Microcontrolador: es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.
- Sondeas de nivel: permite controlar el nivel del depósito.
- Electroválvulas: abren o cierran en función de la necesidad.
- Presostatos: transmiten la presión en la línea, pueden hacer cerrar una electroválvula y parar una bomba en caso de fuga o sobrepresión.

Es necesario la instalación de protecciones eléctricas, correctamente dimensionadas, para asegurar la integridad de los equipos y de las personas.

2.2. Eficiencia energética en equipos de bombeo

El consumo energético del sector de Agricultura y Pesca se debe primordialmente a la maquinaria agrícola y a los sistemas de riego. Aunque representa el 3,5% de los consumos energéticos finales presenta tendencia al crecimiento debido, en gran medida, a la evolución del regadío frente al seco y a la modernización de los sistemas de riego, que requieren mayor consumo de energía que los tradicionales.

La eficiencia en los equipos de bombeo, es una medida necesaria para asegurar la rentabilidad de la instalación y la durabilidad del negocio, teniendo en cuenta la alta competencia a nivel mundial. Algunas medidas que favorecen la eficiencia energética son:

- Simulación de proceso

Mediante una simulación hidráulica de la red de riego se pueden contemplar diversos escenarios de demanda, a fin de conocer el comportamiento de la red ante diferentes situaciones que se pueden dar a lo largo de la campaña de riego. De esta forma se puede evaluar el funcionamiento y prever el comportamiento de la red ante posibles cambios en la demanda.

Para la simulación es necesario conocer la distribución de caudales a lo largo de la campaña de riego. Conociendo asimismo los datos referentes a las bombas (curvas características, presión de consigna), se puede estimar la eficiencia en los distintos escenarios.

El conocimiento del rendimiento de los grupos de bombeo en distintas situaciones de demanda sirve para programar adecuadamente los arranques de bombas para que, ante las variaciones en la demanda, se pongan en marcha, paren o cambien de régimen las bombas, de forma que en todo momento la eficiencia sea la más alta posible para un determinado caudal.

- Control y automatización

Los equipos de control permiten controlar, o incluso monitorizar la instalación a partir de unos datos característicos obtenidos a partir de sensores. Permite conocer el estado de la instalación en cada momento, introducir variables, y asegurar que la instalación funcione tal y como está previsto por diseño.

- Instalación de equipos de control electrónico

En el arranque de los motores que accionan las bombas se producen intensidades muy altas, así como un elevado par de arranque, que puede ser perjudicial para el motor desde el punto de vista mecánico. Para evitar estos inconvenientes se suele limitar la intensidad de arranque mediante el uso de variadores, arrancadores, autotransformadores, el arranque estrella-triángulo o la eliminación de resistencia en rotor y estator.

Los variadores de frecuencia pueden reducir el pico de intensidad en el arranque, además de permitir ajustar el punto de funcionamiento. Si no es preciso una regulación y la bomba trabaja en régimen fijo, lo más indicado es el uso de arrancadores estáticos. Una de las ventajas de los arrancadores estáticos es que se obtiene un arranque suave que minimiza los efectos producidos por los golpes y las vibraciones. Mejoran el rendimiento de los motores y son muy útiles en electrobombas al permitir controlar el golpe de ariete.

- Mantenimiento de la instalación

Es necesario de conocer perfectamente el funcionamiento de los grupos de bombeo. Si éstos se han seleccionado correctamente para lograr un bombeo eficiente, y se lleva a cabo un mantenimiento adecuado siguiendo las indicaciones y recomendaciones del fabricante y del instalador, se logrará que el bombeo sea eficiente a lo largo de toda la vida de la útil.

Se debe establecer una previsión de mantenimiento predictivo, basado en experiencia, formación y en las recomendaciones de mantenimiento recogidas en la documentación técnica de las bombas y motores.

Es necesaria una inspección rutinaria del funcionamiento de las bombas, para comprobar

estado de los filtros, lubricantes, presiones y cualquier tipo de alteraciones. Esta vigilancia permitirá detectar ruidos extraños, cambios en el comportamiento de los equipos y cualquier anomalía que se pueda producir, y de este modo, asegurar una rápida intervención, realizar el mantenimiento correctivo necesario y evitar daños mayores.

- Fuente de energía

El sistema que abastece energéticamente al equipo de bombeo, es el factor más importante respecto a la eficiencia energética de la instalación, por lo que se le dedica un estudio a parte para decidir cual es la fuente de energía adecuada para maximizar la eficiencia energética, teniendo en cuenta las características de la finca.

- Auditoría energética

Las auditorías energéticas son medidas para conocer el estado de la instalación en cuanto a consumo energético. Se incluyen como propuesta de mejora energética en diversas normativas. Y consiste en determinar los puntos críticos de consumo y estudiar las medidas de ahorro que se pueden llevar a cabo.

El objetivo de una auditoría energética para este tipo de instalaciones es evaluar su consumo energético y proponer mejoras que incrementen la eficiencia energética. Esto supone un ahorro energético y económico. Los pasos a seguir serían:

- Calificar energéticamente la instalación, teniendo en cuenta:
 - o Evaluación del diseño aprovechamiento energético
 - o Evaluación del funcionamiento de los equipos consumidores de energía
- Proponer y valorar mejoras desde un punto de vista energético y económico

3. ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO

En toda instalación de riego, es necesaria una fuente de energía que permita mover el agua y conseguir que llegue a su punto de demanda con el caudal y la presión adecuadas. La finca está situada en una zona rural, lejos de núcleos urbanos, y aunque existen líneas eléctricas cerca, no dispone de acometida. Se van a enumerar diversas alternativas, que podrían ser usadas como fuente de energía de la instalación.

3.1. Nuevo cableado para conexión con la red eléctrica

El punto de electricidad de la compañía está situado a diversos kilómetros de distancia, por lo que disponer de línea eléctrica en la finca supondría un importante desembolso económico. Para obtener una nueva acometida, es necesario solicitar la instalación a la compañía suministradora y a la administración. Posteriormente, se debería realizar tanto obra civil como instalación eléctrica, que correría a cuenta del solicitante.

Una vez instalada, sería adecuado realizar un estudio de previsión de consumos, y solicitar a la compañía suministradora un contrato adecuado teniendo en cuenta la potencia instalada y el tipo de tarifa. Se considera que es una alternativa, con precio alto, y además, tal vez no sea viable administrativamente.

3.2. Motor de combustión

Un motor de combustión o grupo electrógeno, se refiere a un conjunto de máquinas rotativas, eléctricas y de combustión, acopladas mediante un eje mecánico, en las que se produce una doble conversión de energía: de térmica a mecánica y de mecánica a electromagnética. Los grupos electrógenos tienen, como característica más destacada, la capacidad de funcionar en modo isla, es decir, aislado de la red eléctrica, siendo de gran utilidad en situaciones en las que no se disponga de acceso a dicha red eléctrica, bien por fallos en la red o por la ausencia de las instalaciones eléctricas necesarias.

Las principales partes de un grupo electrógeno son:

- El motor, que representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existen varios tipos de motores, siendo, generalmente, los motores diésel los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas. Funcionan con un ciclo diésel a 4 tiempos, de inyección directa de aspiración natural, turboalimentados y postenfriados. La disposición de los cilindros depende del modelo de motor, puede ser en línea o en V. El tipo de refrigeración del motor es agua.
- El alternador produce la energía eléctrica de salida, de eje horizontal, síncrono sin escobillas, autoexcitado y autorregulado, acoplado con precisión al motor, el cual generará una corriente alterna mediante inducción electromagnética. El alternador dispone de un regulador automático de tensión; este regulador incorpora potenciómetros para adaptar el funcionamiento a las diversas condiciones de utilización del grupo.
- El motor de arranque transforma la energía eléctrica suministrada por las baterías en energía mecánica, transmitiéndosela al motor de combustión, realizando la función de arranque del motor. Es un motor eléctrico de corriente continua, normalmente con excitación en serie, con la capacidad de acoplarse y desacoplarse del eje del motor de combustión, ofreciendo un elevado par de arranque gracias al reductor, lo que implica una gran aceleración, con un peso y volumen bastante bajos.
- Las baterías de arranque son dispositivos que almacenan energía química para ser liberada después en forma de energía eléctrica en el momento de poner en marcha el motor, estando diseñada para fuertes descargas de energía eléctrica en poco tiempo. Es un proceso reversible, ya que el cargador de batería (alternador de bajo tamaño) se encargará de ir suministrando energía eléctrica a las baterías, mientras está el generador en marcha, transformándose de nuevo en energía química, evitando su descarga.
- El ventilador es un elemento fundamental del sistema de refrigeración del grupo electrógeno. Se encargará de mover el aire que refrigerará el generador mediante el radiador.

- El radiador es un intercambiador de calor, de agua o aire, donde se hará pasar el aire de salida del motor de combustión, enfriado por el aire que entra del exterior, gracias a la acción del ventilador, volviendo a entrar en la cámara de combustión del motor con menor temperatura, y aumentando la potencia del motor. Este proceso de enfriamiento también se puede realizar con agua, enfriando las paredes de los tubos de escape y admisión del motor de combustión.
- El silenciador es un componente con forma cilíndrica colocado en la salida del motor que reduce la emisión de ruido del grupo.
- El depósito de combustible, que suele estar situado en la base o bancada del grupo, por aprovechamiento de espacio. Mediante una bomba de trasiego se conducirá al interior del motor.
- La bancada es la estructura de chapa plegada de rigidez adecuada que sostiene el grupo electrógeno, actuando de base o soporte de todos los elementos que lo forman.
- Los antivibratorios o sidenblocks son soportes elásticos, que permiten el acoplamiento entre los elementos principales del grupo y la bancada, eliminando la transmisión de las vibraciones sobre la misma.
- El filtro de aire se encargará de eliminar impurezas del aire introducido mediante el carburador en el proceso de combustión, aumentando el rendimiento del motor y la vida útil de este en gran medida.
- El cuadro de protección eléctrico, que generalmente consiste en un interruptor de potencia, cuando este no está incluido en el propio grupo. Puede realizar asimismo otras funciones de protección además de sobreintensidad o baja tensión.
- El cuadro de control y maniobra es desde donde se gestiona el arranque y la parada del grupo electrógeno, vigila el estado de las alarmas, y gestiona el estado de los interruptores o contactores de transferencia.
- El cable de conexión a tierra o conexión equipotencial de las masas del grupo electrógeno es un sistema de seguridad fundamental para el funcionamiento correcto del sistema de protección ante contactos indirectos.

3.3. Instalación fotovoltaica de autoconsumo

El autoconsumo fotovoltaico hace referencia a la producción individual de electricidad para el propio consumo, a través de paneles solares fotovoltaicos. El autoconsumo consiste en producir y gestionar lo que nosotros mismos consumimos. Tradicionalmente, los sistemas de autoconsumo fotovoltaicos se pueden clasificar como:

- Autoconsumo Directo (total)

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Funcionamiento directo, la energía fotovoltaica es generada y consumida simultáneamente. Sin conexión a la red. El generador alimenta las cargas directamente (Bombeo de agua o Ventilación)

- Autoconsumo Instantáneo Parcial.

En el autoconsumo Instantáneo Parcial, la energía fotovoltaica es generada y consumida simultáneamente. Se encuentra conectado a la red con una generación menor al consumo (ahorro energético y generador FV en punto de conexión interior). La energía producida se consume de forma instantánea. Si existiera algún excedente, se puede aprovechar con un sistema de gestión de la demanda energética mejorando la eficiencia del sistema. El autoconsumo diferido permite ahorrar en la factura eléctrica y consumir eficientemente un recurso renovable e inagotable.

- Autoconsumo Diferido

En el autoconsumo diferido es una instalación con excedentes a baterías y puede estar conectada a la red eléctrica o no (instalación fotovoltaica autónoma).

Es una instalación fotovoltaica que cuenta con baterías en las que se acumulan los excedentes de energía producidos durante las horas de sol. Este sistema permite utilizar la energía almacenada cuando no hay radiación solar suficiente. Se pueden diseñar sistemas completamente autónomos o bien sistemas que cuenten con apoyo de la red pública si se desea mantener el suministro con la compañía eléctrica.

3.4. Instalación eólica de autoconsumo

La energía eólica es la energía obtenida a partir del viento. Es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano y es, a día de hoy, la energía más madura y eficiente de todas las energías renovables.

El planeta tierra está expuesto al calor del sol, pero no es calentado de manera uniforme debido a forma esférica. Esta diferencia térmica produce una transferencia de energía de los puntos más calientes a los más fríos; dicha transmisión nunca termina y es la razón por la cual, se genera el viento, es decir, aire atmosférico en movimiento con masa y con energía cinética. Una parte de esta energía cinética, es la que se transforma, por medio de turbinas de viento en energía eléctrica.

La generación de electricidad a pequeña escala gracias a la energía del viento, denominada minieólica, está formada por aerogeneradores que se utilizan para uso personal. Los hay que producen desde 50 W hasta unos pocos kW.

Algunas de sus características son:

- Generación de energía próxima a los puntos de consumo, reduciendo las pérdidas de transporte.
- Ligado al autoconsumo, presenta una gran versatilidad de aplicaciones y posibilidades de ubicación.
- Suministro de electricidad en lugares aislados y alejados de la red eléctrica.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Posibilidad de integración en sistemas híbridos, fundamentalmente fotovoltaicos.
- Funcionamiento con vientos moderados, sin requerir complejos estudios de viabilidad.
- Costes moderados de instalación, operación y mantenimiento. Reducido impacto ambiental, integración en espacios humanizados.

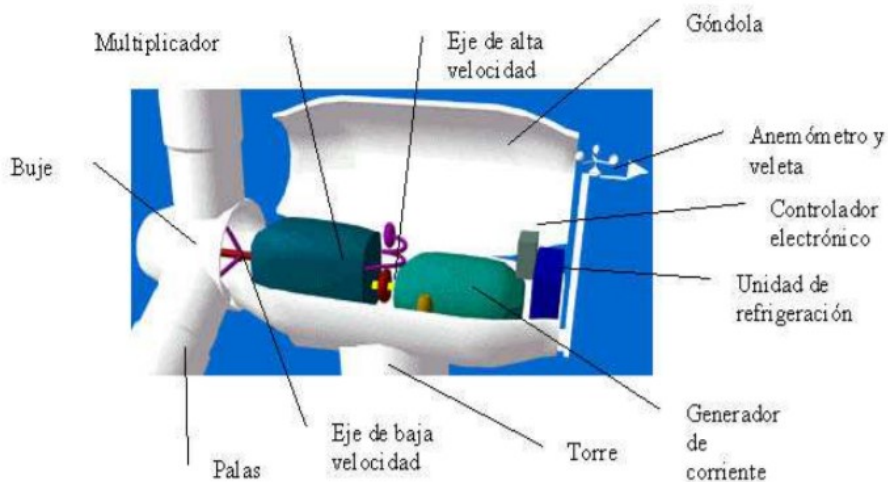
Los aerogeneradores de baja potencia, se pueden clasificar por la posición del aerogenerador, en aerogeneradores de eje vertical y de eje horizontal.

Los aerogeneradores de eje horizontal HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine), son más eficientes que los de eje vertical, están más probados, son más económicos y hay muchos productos donde elegir. Sin embargo, tienen dificultad para soportar las continuas orientaciones y su eficiencia se reduce operando en régimen turbulento.

Los aerogeneradores de eje vertical VAWT (Vertical Axis Wind Turbine), no necesitan sistemas de orientación, su mantenimiento es más sencillo, y requiere un menor coste de instalación. Pero no todo son ventajas, ya que su rendimiento es menor que el de las máquinas de eje horizontal a igual potencia.

Los componentes de un aerogenerador son:

- La góndola es la pieza estructural que contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. A la izquierda de la góndola tenemos el rotor del aerogenerador, es decir las palas y el buje.
- Las palas del rotor, también llamados álabes, hechos de madera o de fibra de vidrio, son los encargados de convertir la energía del viento en movimiento de rotación. Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. La función del rotor, por tanto, es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica y cuanto mayor sea el área barrida por el rotor mayor será la producción de energía.



Partes de un aerogenerador.

- El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador, sirve como conexión entre las palas y el eje.
- El eje de baja velocidad conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno, el rotor gira muy lento. El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.
- El multiplicador permite que el eje de alta velocidad gire 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad.
- El eje de alta velocidad, que gira aproximadamente a 1.500 r.p.m. permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.
- El generador eléctrico suele ser un generador asíncrono o de inducción. Es el que transforma la energía cinética en energía eléctrica.
- El controlador electrónico es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador.
- La unidad de refrigeración contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico.
- La torre es la parte estructural que soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo.
- La función de la cola es colocar las alabes en la dirección del viento. Además, consta de un sistema de seguridad que permite inutilizar el aerogenerador con vientos muy altos.

3.5. Solución adoptada

Tanto para las instalaciones fotovoltaicas como para las instalaciones eólicas de autoconsumo, las principales ventajas son:

- Con el abaratamiento de los sistemas de autoconsumo y el encarecimiento de las tarifas eléctricas, puede salir más barato autoabastecerse, que optimizar la tarifa eléctrica.
- Los sistemas de autoconsumo utilizan fuentes de energía gratuitas, inagotables, limpias y respetuosas con el medioambiente, como la energía solar o la eólica.
- Se evitan pérdidas de energía por el transporte de esta a través de la red eléctrica.

- Se reduce la dependencia energética.
- Se evitan problemas para abastecer toda la demanda en hora punta.

Pero también existen inconvenientes, como son:

- El coste de compra de los sistemas es bastante alto. Esto, está cambiando con los años, y ha dejado de ser un problema dado que los precios se están abaratando en gran medida, mientras que, existe incertidumbre con los precios de la electricidad suministrada por las compañías eléctricas por posibles subidas. Por lo que se debe hacer un estudio a largo plazo para verificar la rentabilidad de la instalación.
- Otro obstáculo del autoconsumo es que la generación de electricidad es intermitente y depende de las condiciones meteorológicas. Por lo que hay que estudiar a fondo la instalación para poder asegurar el suministro en cualquier momento durante toda su vida útil.
- La legislación es otro obstáculo, sobre todo para instalaciones conectadas a la red eléctrica, ya que las condiciones legislativas han sufrido diversos cambios durante los últimos años, lo cual crea incertidumbre en un futuro próximo.

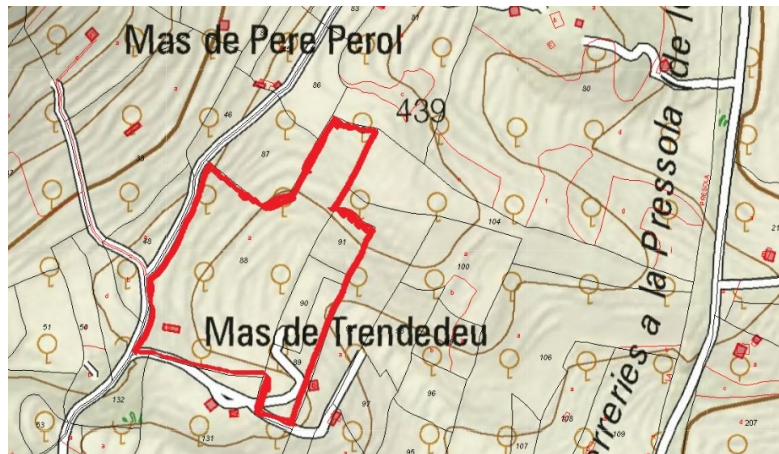
Teniendo en cuenta esto, dado el buen clima de la zona, ya que hay un rango alto de días de sol, y no es una zona que destaque por sus ratios de viento, se considera que el tipo de instalación energética adecuada es una instalación solar fotovoltaica. Posteriormente se estudiarán las características y se analizará con más detalle la instalación.

4. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Se va a diseñar una instalación de riego, teniendo en cuenta la situación y el clima del terreno, las características de la finca y el cultivo que se va a estudiar. Partiendo de las dimensiones de la finca, se va a calcular cuantas cepas se podrían plantar, y se va a dimensionar una instalación adecuada para este cultivo.

4.1. Ubicación y características de la finca

La finca está situada el término municipal de les Useres, a una altitud entre 430 y 440 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie total de 6,6416 hectáreas. Con acceso por camino asfaltado desde la carretera CV165 entre les Useres y Azeneta, y desde la carretera CV170 entre Vall d'Alba y Adzeneta.



Situación de la finca en el Visor Cartográfico.

Tiene una plantación de algarrobos, en la actualidad no explotada, debido a su poca rentabilidad en el mercado agrícola. Además, cuenta con una pequeña casa acondicionada para ser habitada y un pozo de extracción de agua subterránea. El pozo se utiliza para uso en la vivienda, y cuenta con gran capacidad y regeneración de agua por lluvias y situación geográfica.



Ubicación y foto de la finca.

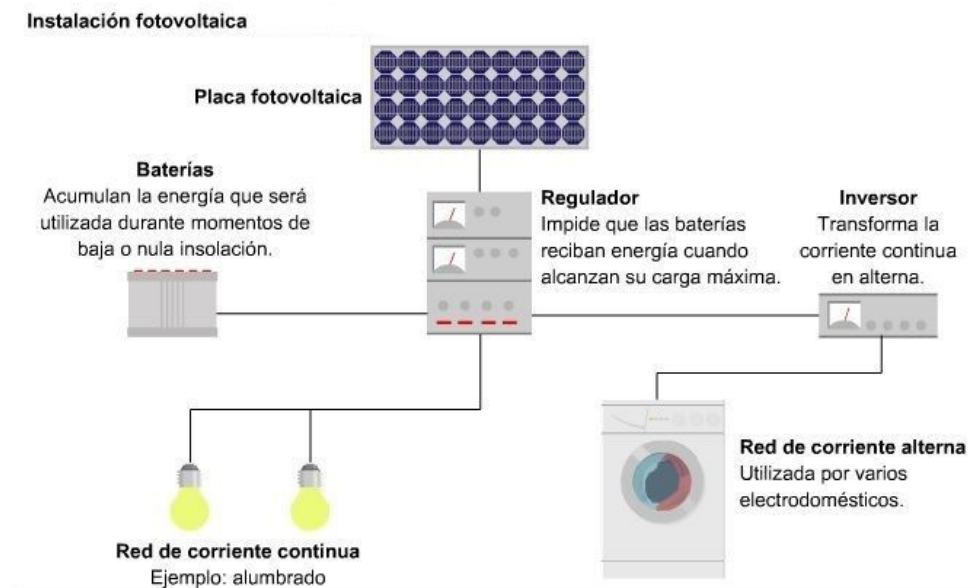
4.2. Instalación hidráulica solar fotovoltaica

Se ha optado por una instalación solar fotovoltaica, que suministre la energía eléctrica necesaria a las bombas para asegurar el riego de las tierras de manera eficiente y sostenible. Los principales componentes de la instalación hidráulica solar fotovoltaica son:

- Paneles fotovoltaicos: conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Regulador de carga solar: dispositivo electrónico cuya función es controlar el estado de carga de las baterías para garantizar que se realiza un llenado óptimo y así alargar su vida útil.



Componentes de una instalación fotovoltaica.

- Inversor: convertidor que transforma la energía de corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna.
- Baterías: acumuladores de energía que permiten almacenar la energía solar producida por los paneles fotovoltaicos.
- Grupo electrógeno: máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.
- Variador de frecuencia: sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.
- Bomba: máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada, eléctrica y mecánica, en energía del fluido incompresible que mueve.
- Tuberías, válvulas, codos, bridas y reducciones: conductos y accesorios necesarios para transportar agua.
- Pozo y depósito: elementos para almacenar agua.

4.3. Diseño de la instalación hidráulica

4.3.1. Introducción

Estimación de tamaño de la plantación

Teniendo en cuenta las características de la finca. Se va a estudiar cuantas cepas de viña se podrían plantar para su correcta explotación, y la ubicación de los distintos elementos necesarios para la instalación. Se va a diseñar una instalación autosuficiente.

En primer lugar, se va a estimar el terreno disponible para la plantación, se va a ubicar un depósito intermedio, entre el pozo y la plantación, y se va a dividir la parcela en varios modelos para planificar la instalación.

El terreno, está formado por cuatro parcelas, cuyo número de registro en el catastro, es 88, 89, 90 y 91 respectivamente, y sus dimensiones son:

Parcelas	S(m2)	S(ha)
Parcela 89	8644	0,8644
Parcela 88	49005	4,9005
Parcela 90	4474	0,4474
Parcela 91	4293	0,4293
SUPERFICIE TOTAL	66416	6,6416

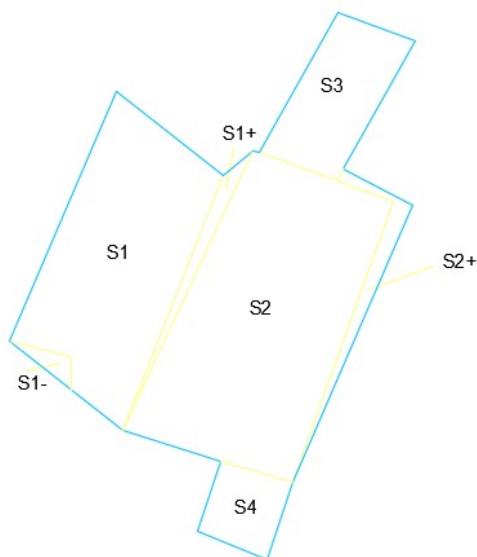
Dimensiones de las parcelas catastrales.

Para realizar el estudio de ubicación de la instalación, el terreno disponible para la plantación se va a dividir en varias subparcelas (Anexo I y Anexo II):



Ubicación del pozo, y del depósito proyectado en la finca.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Subdivisión de parcelas en la finca.

Cuyas características son:

Subparcela	S(m2)	S(ha)
S1	19576,26	1,9576
S1-	-126,59	-0,0127
S1+	1400,71	0,1401
S2	26430,00	2,6430
S2+	2352,56	0,2353
S3	6944,71	0,6945
S4	3122,62	0,3123
SUPERFICIE TOTAL	59700,27	5,9700

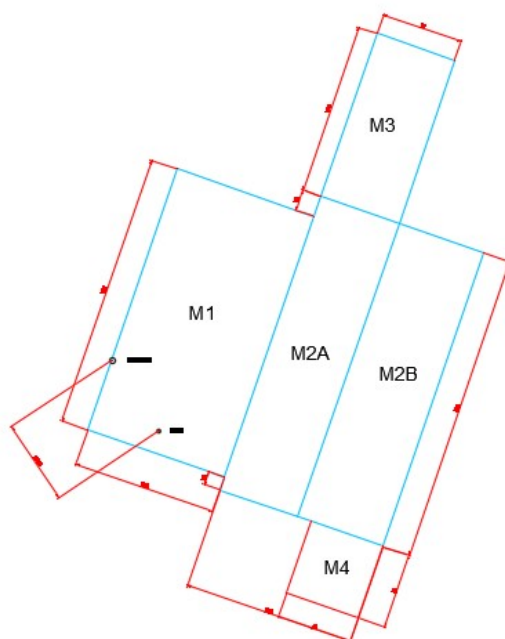
Dimensiones de la subdivisión de parcelas.

Con estos datos, se va a hacer un modelado equivalente, para simplificar el proceso de introducción de datos en Epanet (Anexo III).

Modelado	Metros		S(m2)
Modelado 1	200	105	21000
Modelado 2A	225	70	15750
Modelado 2B	225	55	12375
Modelado 3	125	60	7500
Modelado 4	55	55	3025
			59650

Dimensiones de las parcelas del modelo.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Modelado de parcelas en la finca.

Con esto, podemos estimar cuantas cepas se podrían plantar. Dependiendo de la variedad de vid y la densidad de plantación que se quiera obtener, se pueden asumir distancias entre cepas que van desde los 0,9 metros hasta los 2 metros. En este caso, se va a dejar por un lado una distancia mínima horizontal de 1 metro, y por el otro, una distancia mínima vertical de 2 metros.

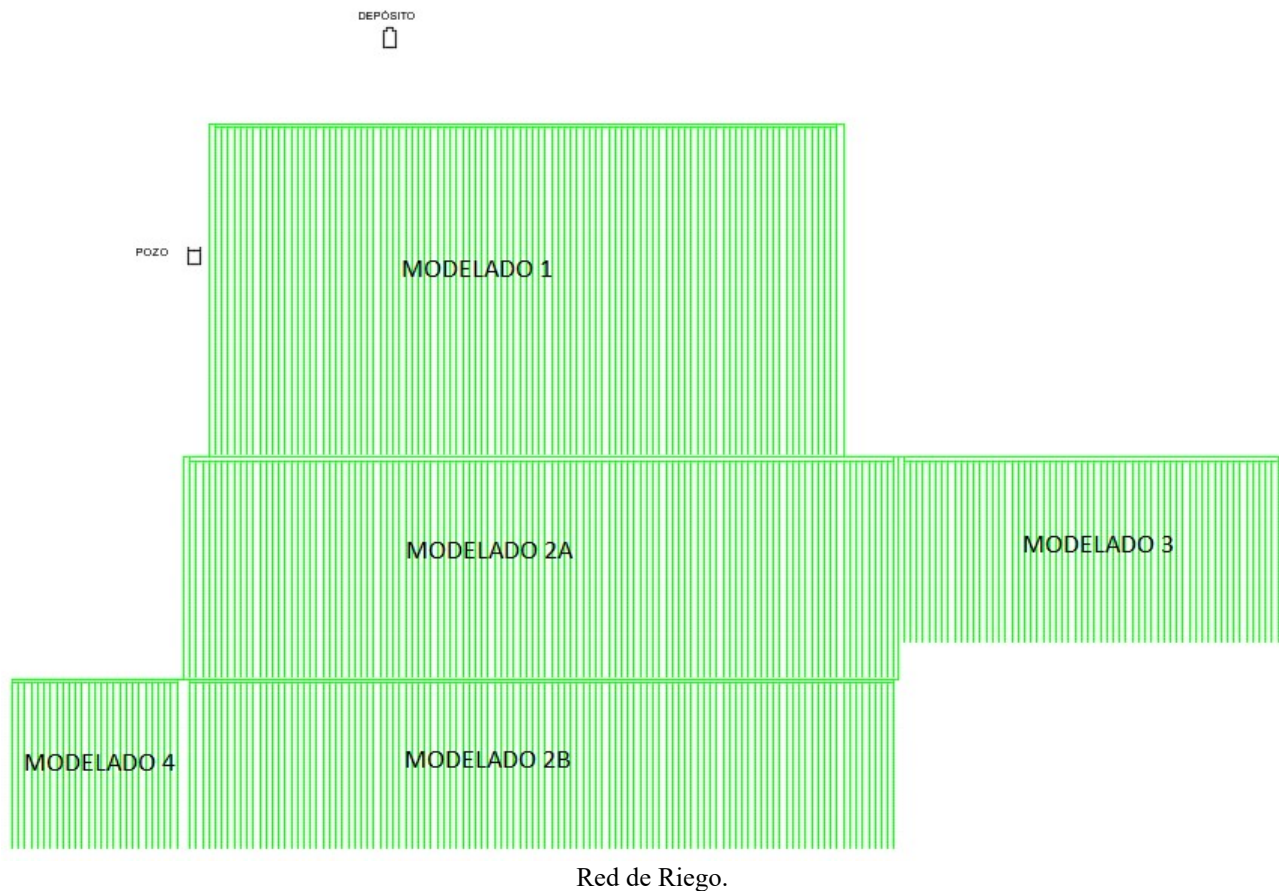
De acuerdo con las necesidades de las viñas, se va a diseñar la instalación para regar durante una hora, 4 litros por hora a cada viña, disponiendo 2 goteos por cepa, y una presión mínima de 2 bares.

Con estos datos, la distribución de viñas en cada parcelar será (Anexo IV):

CEPAS			
Modelado	cepa / 2m	cepa / m	TOTAL
Modelado 1	99	104	10296
Modelado 2A	112	69	7728
Modelado 2B	112	53	5936
Modelado 3	60	58	3480
Modelado 4	27	53	1431
			28871

Distribución de cepas en cada parcela.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Introducción al programa Epanet

Epanet es un programa para ordenador para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. El programa es de dominio público y es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El programa es capaz de trabajar con períodos de simulación sobre hidráulica y el comportamiento de la calidad de las aguas dentro de una red presurizada

Los problemas hidráulicos con que nos encontramos habitualmente exigen la aplicación de los mejores programas de cómputo para explicar y pronosticar el comportamiento de sistemas naturales en que intervienen diversos factores que influyen en todo esto.

Uno de los programas informáticos mayormente usados para cálculos hidráulicos es EPANET, el cual se emplea para el análisis y solución de problemas hidráulicos, para mencionar algunos ejemplos, de diseño y evaluación de redes de distribución de agua potable; potabilización del agua; ubicación de tanque de almacenamiento; diseño de tubería de alcantarillados sanitarios; análisis pertinente para el tratamiento de aguas residuales y ubicación de tanque sépticos.

EPANET, permite realizar simulaciones de periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

EPANET modeliza un sistema de distribución de agua como un conjunto de líneas conectadas a los

nudos. Las líneas representan tuberías, bombas o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas (nudos de caudal), y también depósitos o embalses.

4.3.2. Dimensionado de la instalación

Dada la complejidad de la instalación, se va a dividir en diversas fases:

- Llenado del depósito desde el pozo.
- Distribución de agua por la finca.
- Riego.

Se ha supuesto la instalación del depósito en la parte más alta de la finca, para favorecer el riego debido a la altura y por lo tanto a la presión. El pozo está situado a una distancia de 61,86 metros de la ubicación del depósito. Se va a establecer un sistema de coordenadas según el modelo, con el los ejes X,Y en la parte inferior izquierda del modelo, y el eje Z de modo que la parte alta de la finca se encuentra a 340 metros y la parte baja de la finca a 330 metros. El pozo tiene una profundidad de 100 metros, encontrándose el nivel de agua medio a una distancia de 80 metros por debajo de la superficie.

La parcela tiene una pendiente aproximadamente constante, por lo que en el modelo se le va a considerar de este modo. Se realiza la introducción de datos a Epanet mediante la herramienta Epacad.

Epacad es un programa gratuito, que permite convertir un fichero de red en formato de AutoCad, en un fichero interpretable por Epanet. Epacad es capaz de reconocer de forma automática la situación de los nudos, y su altura. Debido a la alta complejidad de la instalación, se establece una red de distribución de agua, con sus correspondientes demandas (Anexo V). Dichas demandas se obtendrán de los distintos ramales de riego.

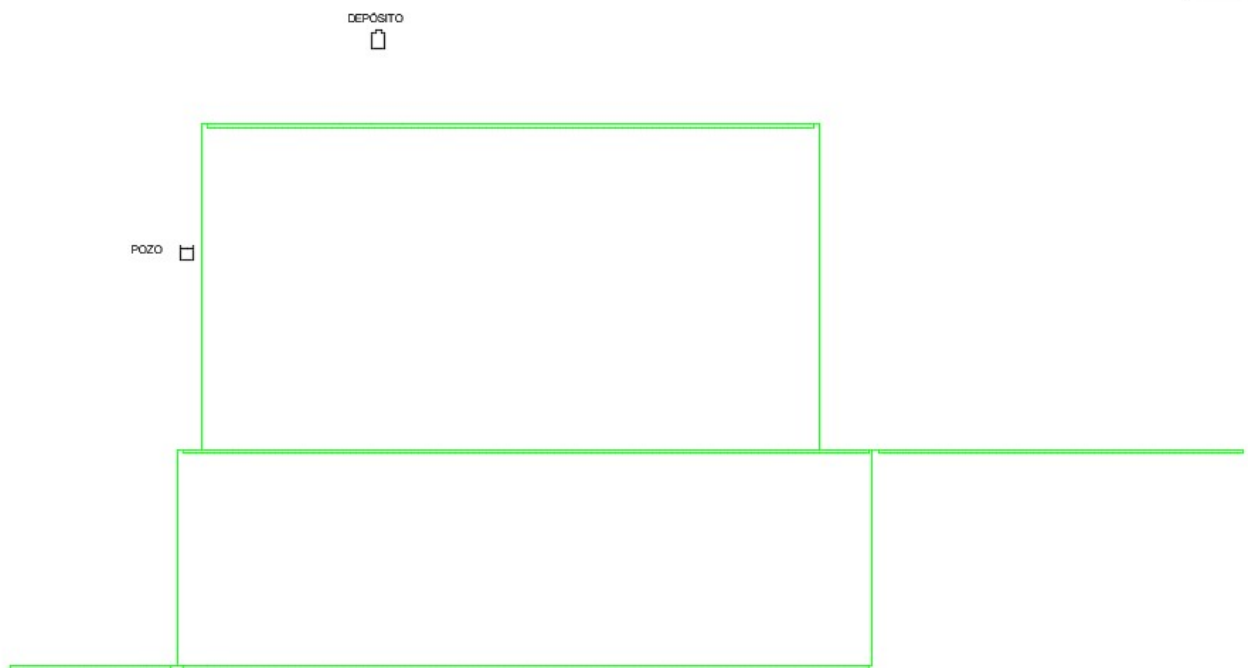
El modelo de distribución, una vez dibujado y dimensionado (posiciones y cotas) se introduce en Epanet mediante la herramienta Epacad. Una vez en formato de Epanet, se introducen las características del Pozo, del depósito y de los nudos.

Para realizar el dimensionado, se tiene en cuenta que se va a regar durante una hora, 4 litros por hora cada cepa. De este modo, la necesidad diaria de agua será de 115,484 metros cúbicos. Con este dato, se dimensiona un depósito en forma cilíndrica que pueda almacenar este volumen, más un coeficiente de seguridad. De modo que el depósito tendrá las siguientes características:

Depósito	
Altura (m)	10
Radio (m)	2
Area (m ²)	12,57
Volumen (m ³)	125,66

Características del depósito.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

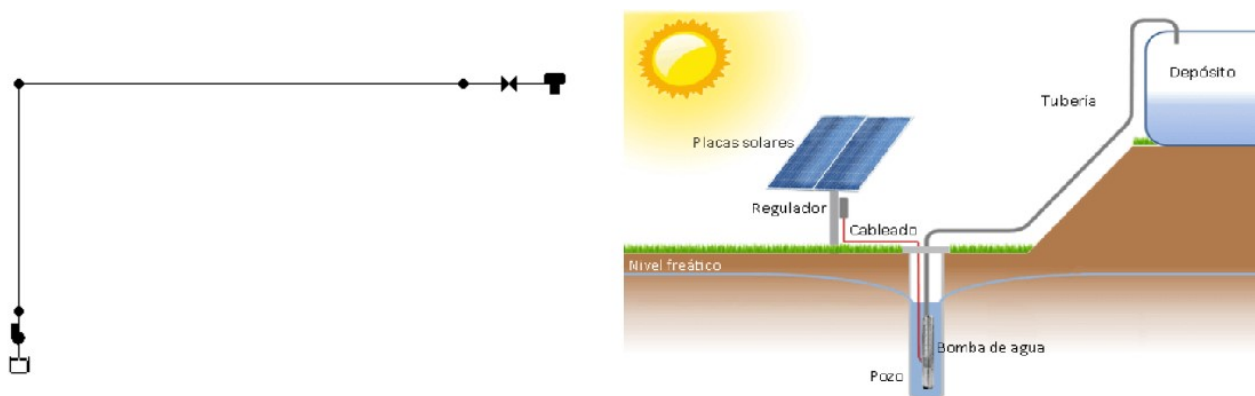


Red de distribución.

En la imagen de la red de riego se ve la distribución de los cuatro modelados. Para simplificar los cálculos, cada línea de riego será sustituida por una demanda igual al total de la demanda de la línea. Posteriormente, y teniendo en cuenta las presiones en cada línea, se estudiarán los nudos críticos y se analizarán los resultados.

Llenado del depósito

La primera parte de la simulación corresponde al llenado del depósito a partir del pozo. El procedimiento habitual, será durante el día bombear agua desde el pozo hasta el depósito, para su uso diario de riego. Se conocen las características de ambos, se introducen los datos en Epanet, y se busca la forma adecuada para el bombeo.



Instalación de bombeo. Vista frontal.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

El material utilizado para las tuberías de instalación será PVC. Se van a iniciar el dimensionado de las líneas teniendo en cuenta un caudal aproximado y el diámetro aconsejado por los fabricantes, como se muestra en la siguiente tabla:

DIÁMETRO TUBERÍA		CAUDAL		
m	pulg.	m ³ /h	l/s	gal/min.
0,050	2	11 - 14	3 - 4	40 - 70
0,075	3	25 - 40	7 - 11	110 - 175
0,100	4	50 - 79	14 - 22	225 - 350
0,125	5	90 - 140	25 - 38	400 - 600
0,150	6	140 - 230	38 - 63	600 - 1.000
0,175	7	220 - 340	60 - 95	950 - 1.500
0,200	8	290 - 470	80 - 130	1.300 - 2.100
0,250	10	500 - 790	140 - 220	2.200 - 3.500
0,300	12	790 - 1.260	220 - 350	3.500 - 5.500
0,350	14	1.150 - 1.800	320 - 500	5.000 - 8.000
0,500	20	2.950 - 4.540	820 - 1.260	13.000 - 20.000
0,750	30	7.920 - 13.680	2.200 - 3.800	35.000 - 60.000

Diámetro aconsejado según caudal de bombeo.

En la siguiente tabla se puede ver la rugosidad de diversos materiales:

Material	K_s (mm)
Vidrio	0.0003
PVC, CPVC	0.0015
Asbesto cemento	0.03
GRP	0.03
Acero	0.046
Hierro forjado	0.06
CCP	0.12
Hierro fundido asfaltado	0.12
Hierro galvanizado	0.15
Arcilla vitrificada	0.15
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil	0.25
Madera cepillada	0.18-0.9
Concreto	0.3-3.0
Acero bridado	0.9-9

Rugosidad de distintos materiales.

La parte de distribución se considera la parte más económica respecto a la parte de bombeo. La rugosidad del PVC es de 0,0015, pero para el dimensionado se va a tomar una rugosidad de 0,1, teniendo en cuenta posibles modificaciones posteriores en la parte de distribución.

Para diseñar la instalación de forma correcta es necesario introducir una serie de elementos como válvulas, codos, reducciones de sección y otros elementos que generan pérdidas de carga.

Pieza, conexión o dispositivo	K_f
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfallera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Coefficiente de pérdidas.

Se introducirán las válvulas de corte que se consideran necesarias, para permitir el riego y bombeo, y a la vez permitir el aislamiento de cada una de las partes de la instalación en caso de fuga. Otros elementos necesarios como filtros, elementos de control, bridas o conexiones, no forman parte del esquema, pero sí que se introducen como pérdidas en la instalación.

Una válvula de bloqueo se introduce en Epanet como una válvula de propósito general. Estas válvulas estarán siempre abiertas en funcionamiento normal, y se introducirá un coeficiente de pérdidas de 0,2 y una curva de comportamiento en función del caudal.

Para encontrar la bomba adecuada para el bombeo, se utilizará una aplicación disponible por parte

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

del fabricante Grundfos. Grundfos es el mayor fabricante de bombas a nivel mundial, con base en Dinamarca. Tiene una producción anual superior a los 16 millones de bombas. Además, también produce motores eléctricos para bombas, y desarrolla controles electrónicos para bombas y otros sistemas.

Grundfos cuenta con aplicaciones online para localizar el punto de funcionamiento y las características de todo tipo de bombas. Cuenta con catálogos para bombas de dosificación, boosters, aguas residuales, para uso solar y muchos otros tipos.

Usando el software de Grundfos, se procede a buscar una bomba adecuada para el bombeo de llenado del depósito desde el pozo. Dentro de la aplicación de Grundfos, en su página web, existen diversas opciones para buscar las bombas adecuadas para distintas aplicaciones.

En este caso, se selecciona un diseño avanzado por aplicación.

Aplicación: Suministro de agua subterránea.

Tipo de instalación: Pozo de sondeo

Instalación: instalación en perforaciones, sin tanque.

En este caso, se sabe que la instalación de riego va a consumir diariamente 115,484 metros cúbicos durante una hora de riego. El objetivo de esta bomba será poder rellenar el depósito durante el día, para poder realizar la operación de riego a última hora. Teniendo esto en cuenta, se decide buscar una bomba que permita llenar el depósito en 5 o 6 horas, para poder tener tiempo suficiente y hacer el regado posteriormente. Un caudal aproximado de 20 metros cúbicos por hora sería el adecuado. Por lo tanto, los datos de partida son:

Caudal: 20 metros cúbicos por hora.

La altura de bombeo sería la diferencia entre la altura total inicial del depósito, y la altura a la que se encuentra la superficie del agua en el pozo. Posteriormente se estudiará la ubicación exacta del depósito, y se variará su altura en función de los resultados de Epanet, pero para hacer un cálculo inicial, se considera que el depósito estará a 100 metros por encima del nivel del agua del pozo. Este sobredimensionamiento, nos permitiría aumentar la altura del depósito para un posible riego por gravedad, o aumentar el tamaño de la instalación.

Altura: 100 metros.

El criterio de evaluación se estudiará posteriormente, por lo tanto se selecciona índice de preferencia:

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Dimension. rápido	Dimension. avanzado por aplicación	Guía de selec.
Aplicación	Suministro de agua subterránea <input type="button" value="v"/>	Ayuda para selec.
Tipo de instalación	<input checked="" type="radio"/> Pozo de sondeo <input type="radio"/> Reserva <input type="radio"/> Sumergible en la camisa	
Instalación	Instalación en perforaciones, <input type="button" value="v"/>	Ayuda para selec.
Caudal*	<input type="text" value="20"/> <input type="button" value="v"/> m³/h	Calcular
Altura*	<input type="text" value="100"/> <input type="button" value="v"/> m	Calcular
Criterio de evaluación	Índice preferencia <input type="button" value="v"/>	

Introducción de datos en la aplicación de Grundfos.

Con estos datos, la aplicación recomienda diversas bombas adecuadas, en principio, para la instalación. Se trata de bombas similares, y teniendo en cuenta los datos de los que disponemos se selecciona la que se considera la bomba más adecuada. En este caso, es el modelo de bomba sumergible: SP 30-11 - 13A01911.



Resultado dimension.

Tipo	SP 30-11		
Cantidad * Motor	1 * 9.2 kW ,		
Caud	22.34	m³/h	(+12%)
H total	100	m	
Pct. P1	10.35	kW	
Pct. P2 requerida en el punto de trabajo	8.411	kW	
corriente(nom.)	21.2	A	
Corriente(act.)	18.7	A	
Cos phi(actual)	0.80		
BombaEta	72.2	%	
Motor Eta	81.3	%	
Total Eta	58.7	% =Bomba Eta *motor Eta	
Caudal tot	73000	m³/año	
Cons. energía especial	0.4986	kWh/m³	
	4.99	Wh/m³/m	
Consumo energía	36399	kWh/Año	
Prec.	4.708,00	EUR	
Cte ciclo vital	39289	EUR /10Años	

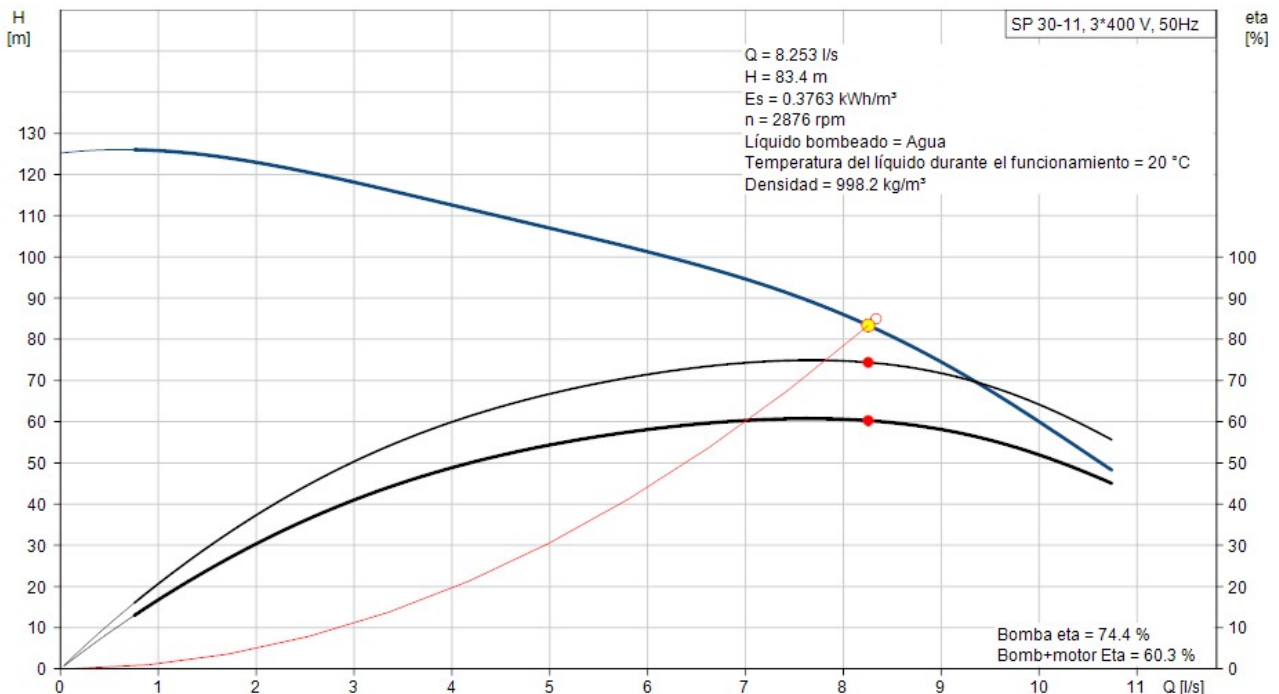
Bomba Grundfos, modelo SP 30-11 - 13A01911.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

La aplicación devuelve una serie de datos al dimensionamiento, como son el consumo anual de energía, el precio, y el coste total en su ciclo de vida.

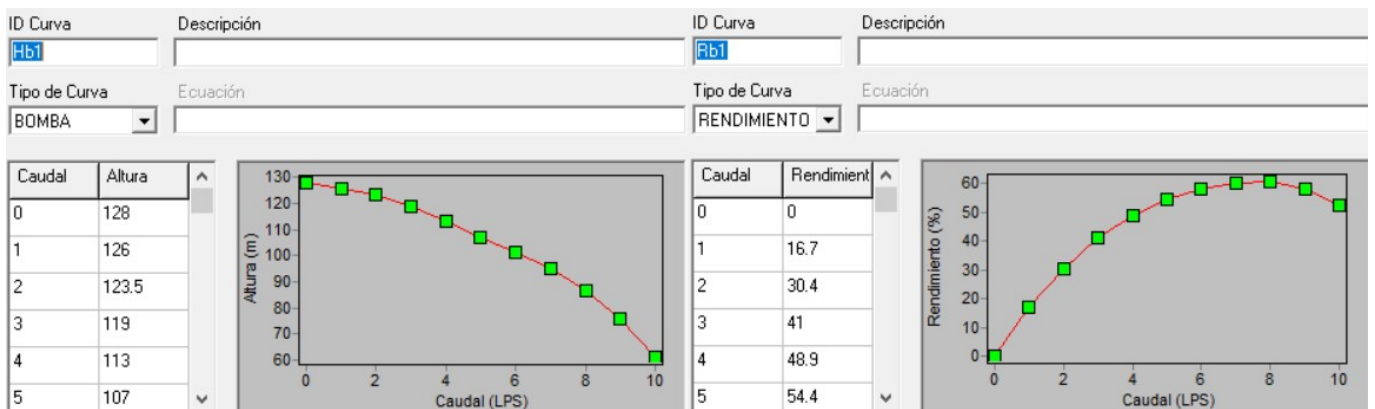
Ya se tienen todos los datos para realizar el dimensionado mediante la aplicación de Epanet. Se puede proceder a la introducción de datos en Epanet:

- Se introduce la altura del pozo.
- Datos del depósito:
 - o La altura total
 - o Dimensiones
 - o Nivel del depósito. Se considera el depósito vacío (después de la operación de riego)
- Líneas: PVC de 4 pulgadas
- Válvulas de bloqueo: mismo diámetro que las líneas, de propósito general, y su curva de pérdidas. Estado fijo abierto, con un coeficiente de pérdidas de 0,2.
- Características de la bomba:
 - o Se introduce la curva característica y de rendimiento, suministrada por el fabricante, en la aplicación de Epanet.



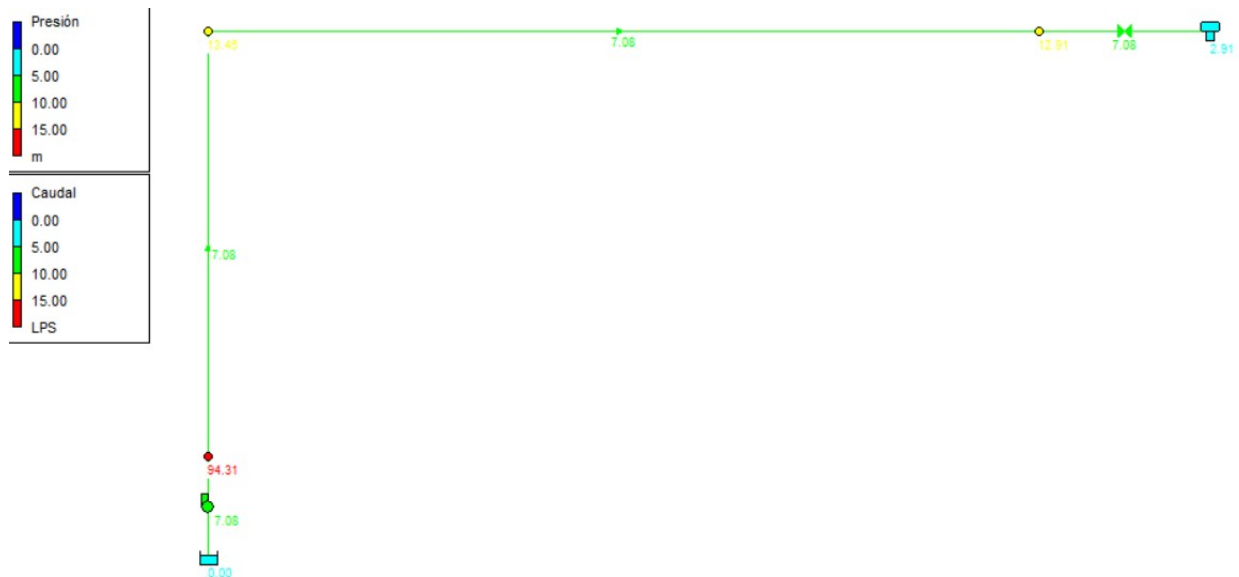
Curva característica y rendimiento de Bomba Grundfos, modelo SP 30-11 - 13A01911.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



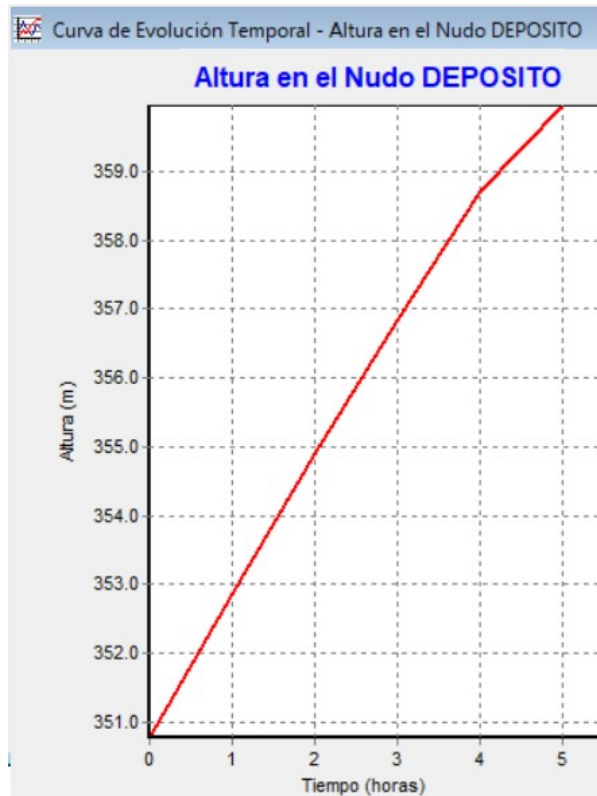
Curva característica y rendimiento en Epanet de Bomba Grundfos, modelo SP 30-11 - 13A01911.

Al realizar la simulación, obtenemos los siguientes resultados:



Simulación de Bombeo con Epanet.

En la imagen se ve el caudal de las líneas (en litros por segundo) y la presión de los nudos (en mca) en el momento inicial. La simulación es correcta, y analizando los resultados, se comprueba que el depósito se llenaría en 5 horas.



Evolución del llenado del depósito. Simulación de Bombeo con Epanet.

De los resultados de Epanet, podemos obtener el tiempo de funcionamiento de la bomba, el rendimiento, la energía consumida y la potencia necesaria.

Rm	kW . h / m3	Pm (kW)	Pmax (kW)	tiempo (h)
58,55	0,47	10,4	10,96	5

Evolución del llenado del depósito. Simulación de Bombeo con Epanet.

Distribución de agua

Esta parte de la simulación estudia la distribución de agua desde el depósito a los distintos puntos de demanda de la finca. En primer lugar, se estudiará la posibilidad de riego por presión del líquido, es decir, por gravedad.

Se comprueba si elevando el depósito, con una plataforma de 10 metros de altura, sería suficiente y el resultado es negativo. Hay que tener en cuenta que se debe cumplir la ecuación de continuidad de Bernouilli, y para conseguir presiones de 2 bares en los puntos de riego, la altura del depósito debería ser muy superior.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h_2$$

Donde:

P_1 y P_2 = Puntos de presión de un sistema (Pa)

u_1 y u_2 = Velocidades en puntos correspondientes dentro de un sistema (m/s)

h_1 y h_2 = Alturas verticales relativas dentro de un sistema (m)

ρ = Densidad (kg/m³)

g = Constante gravitatoria (9,81 m/s²)

Ecuación de continuidad de Bernoulli.

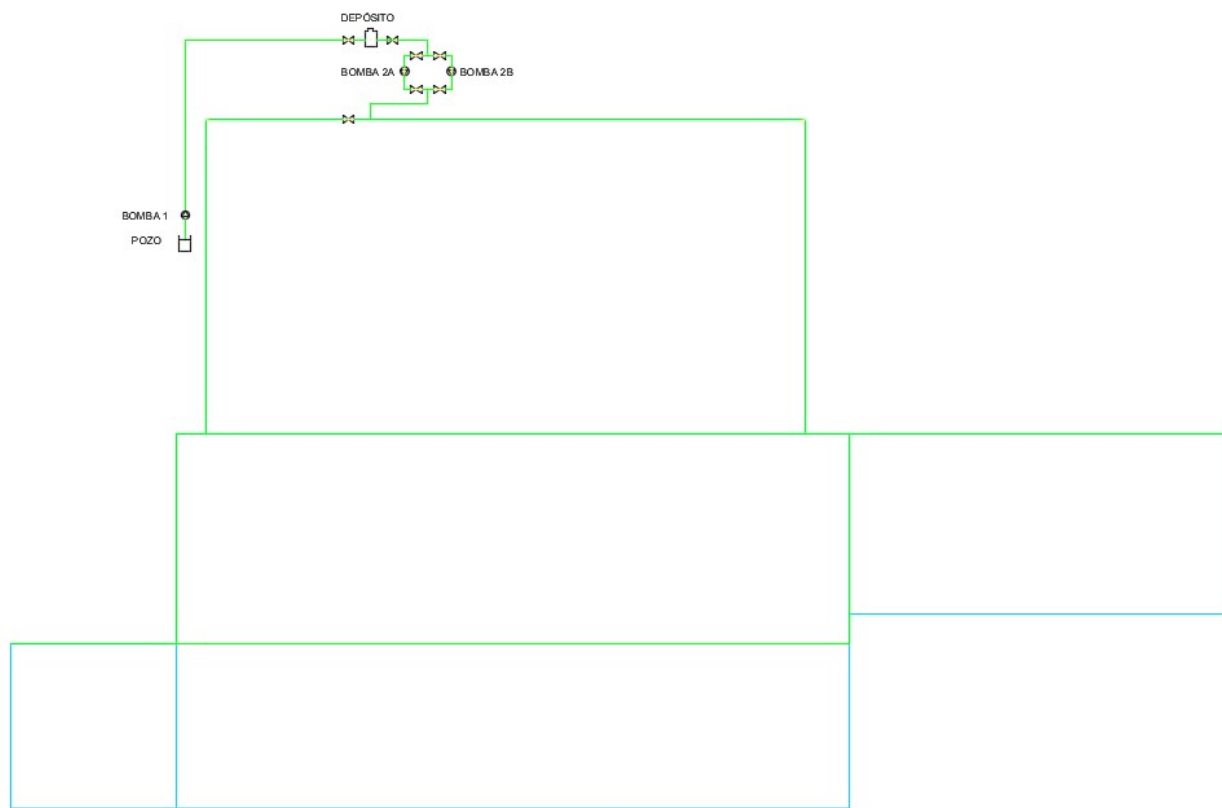
Por lo tanto, se va a dimensionar la instalación (Anexo VI) con dos bombas en paralelo, a pie del depósito, para suministrar el agua a la instalación de regadío.

El material utilizado para la instalación será PVC. Se va a iniciar el dimensionado de las líneas teniendo en cuenta un caudal aproximado y el diámetro aconsejado por los fabricantes, tal y como se vio en la tabla anterior. La rugosidad del PVC es de 0,0015, pero para el dimensionado se va a tomar una rugosidad de 0,1, teniendo en cuenta posibles modificaciones posteriores.

Para encontrar la bomba adecuada para el bombeo, se utilizará la misma aplicación utilizada anteriormente, del fabricante Grundfos. En este caso se opta por la utilización de dos bombas en paralelo, y se decide que en funcionamiento normal estén las dos en marcha, pero existiría la opción de mantener la instalación en funcionamiento temporal en caso de reparación de una de ellas. Por otro lado, como no son bombas que se espera que trabajen en continuo, existe la posibilidad de realizar el mantenimiento preventivo durante el tiempo que las bombas no están en uso.

Por las características del cultivo, la instalación debe cumplir, con poder suministrar el caudal adecuado, y además, conseguir que en los puntos de riego la presión sea superior a 2 bares, o lo que es lo mismo, 20,39 mca (metros de columna de agua).

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



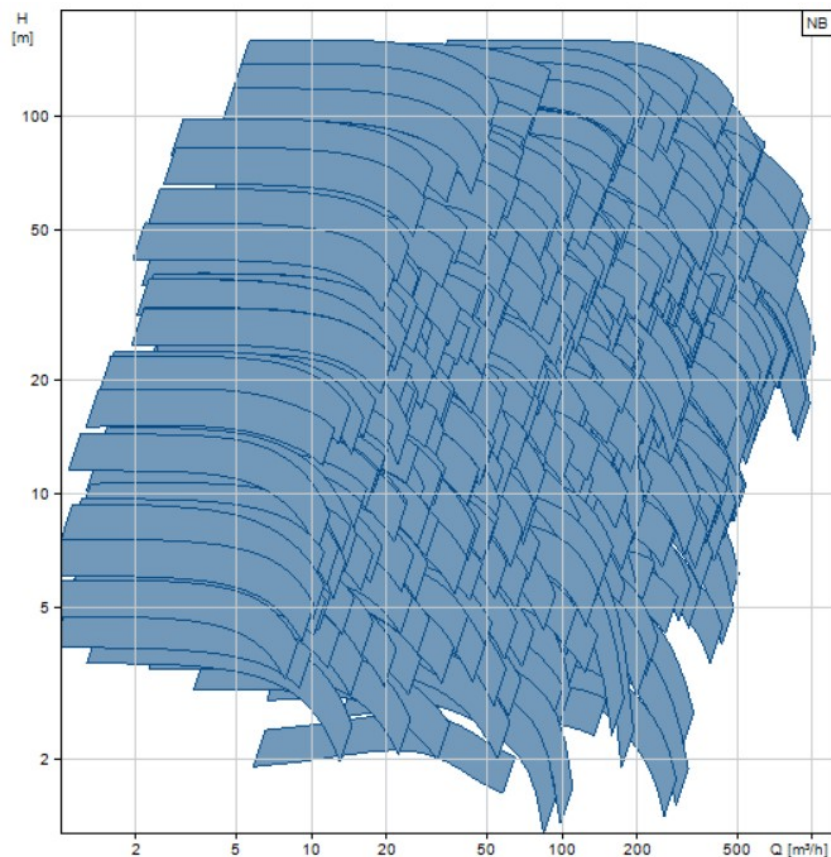
Instalación de riego.

La aplicación de Grundfos permite dimensionar la bomba para riego, introduciendo una cantidad de datos importante para que el estudio sea fiable. En lugar de esto, se busca el tipo de bombas que Grundfos recomienda para riego, y dentro de un amplio rango de bombas organizadas por sus rangos de curvas características, se selecciona una dentro de las que pueden cumplir con los datos de partida.

Las bombas que Grundfos recomienda para riego son los modelos NB, NBG, NBE y NBGE. Las bombas con aspiración axial de Grundfos se utilizan en aplicaciones de suministro de agua, aplicaciones industriales de aumento de presión y trasiego de líquidos, aplicaciones HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) e irrigación. Grundfos asegura un suministro fiable y económico.

Las bombas NB y NBG de Grundfos son bombas centrífugas de voluta de una sola etapa y no autocebantes que disponen de una conexión de aspiración axial, un puerto de descarga radial y un eje horizontal. Las gamas NB y NBG incluyen una serie de bombas de acoplamiento cerrado cuyas dimensiones principales cumplen los requisitos de las normas EN 733 o ISO 2858.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Catálogo de bombas de riego Grundfos.

Grundfos pone a su disposición una gama de bombas con aspiración axial y acoplamiento cerrado (NB) prácticamente ilimitada. Su robustez y fiabilidad las convierten en bombas idóneas para los ambientes más exigentes, como los que se indican a continuación:

- Sistemas de calefacción de distrito.
- Sistemas de calefacción para bloques de viviendas.
- Sistemas de aire acondicionado.
- Sistemas de refrigeración.
- Sistemas de lavado.
- Otros sistemas industriales.

En este caso, teniendo en cuenta el número de viñas, se sabe que la instalación de riego va a trasegar 115,484 metros cúbicos durante una hora de riego, por lo que éste será el caudal necesario de suministro. Como se van a instalar dos bombas, se estima 60 metros cúbicos por hora.

Caudal: 60 metros cúbicos por hora.

La altura de bombeo se podría calcular mediante la ecuación de continuidad de Bernoulli. Para evitar un cálculo largo y complicado de las pérdidas, se estima una altura de 10 metros, y posteriormente se calculará la real mediante la aplicación Epanet. Se estudiarán diversas bombas, y se decidirá cual es la adecuada para la instalación.

Opción 1

Con estos datos, se selecciona un punto dentro de la curva y se elige la bomba que se considera adecuada de las que ofrece la aplicación. En este caso, es el modelo de bomba para riego: NBG 125-100-160/169 EUP AF2ABAQE – 98747500.



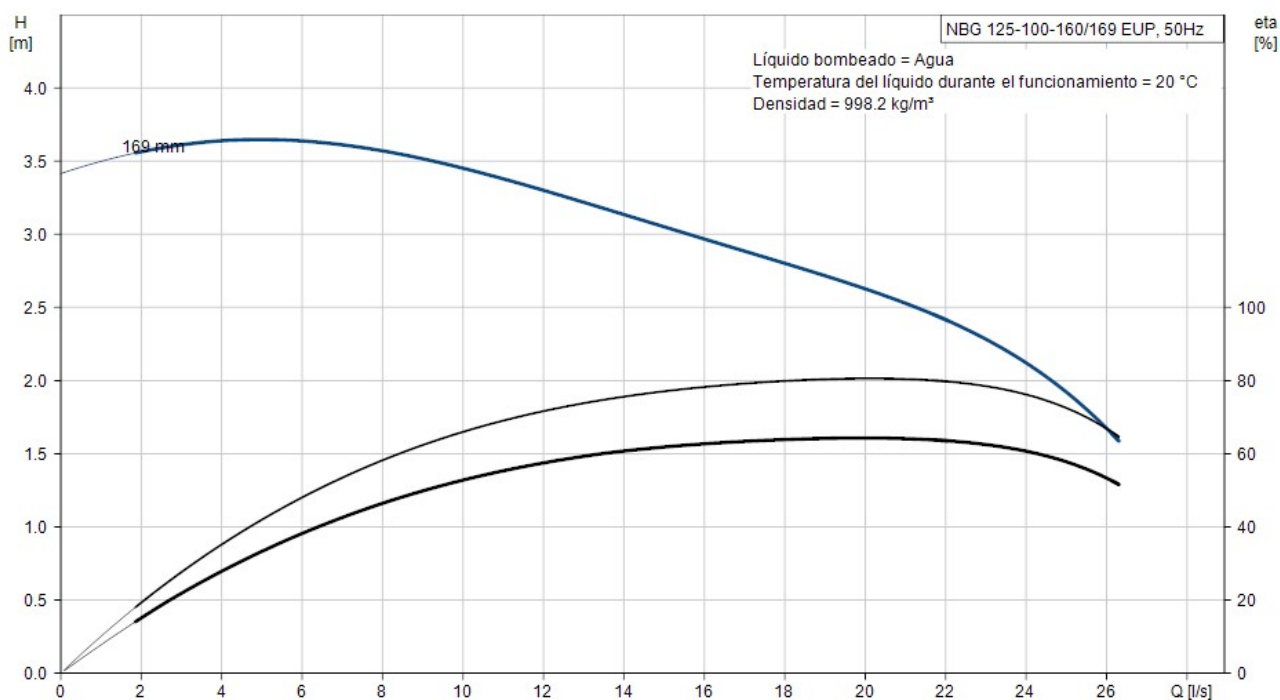
Bomba Grundfos, modelo NBG 125-100-160/169 EUP AF2ABAQE – 98747500.

Ya se tienen todos los datos para realizar el dimensionado mediante la aplicación de Epanet. Se puede proceder a la introducción de datos en Epanet:

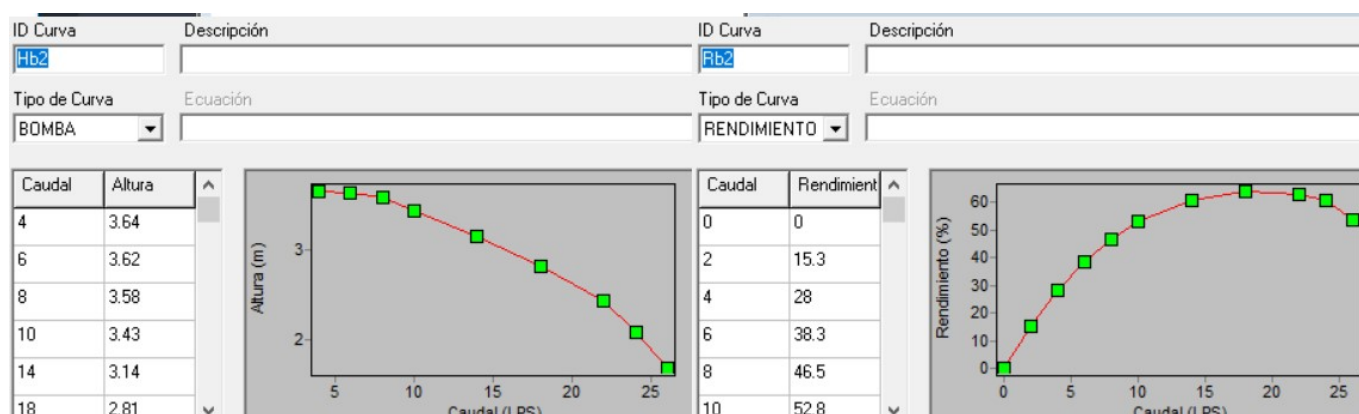
- Se introduce la altura del pozo.
- Depósito:
 - La altura total
 - Dimensiones
 - Nivel del depósito. Se considera el depósito lleno (después de la operación de bombeo)
- Líneas:
 - Primarias de PVC de 5 pulgadas
 - Secundarias de PVC de 4 pulgadas

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Válvulas de bloqueo: mismo diámetro que las líneas, de propósito general, y su curva de pérdidas. Estado fijo abierto, con un coeficiente de pérdidas de 0,2.
- Características de la bomba:
 - o Se introduce la curva característica y de rendimiento, suministrada por el fabricante, en la aplicación de Epanet.



Curva característica y rendimiento de Bomba Grundfos, modelo NBG 125-100-160/169 EUP AF2ABAQE – 98747500.

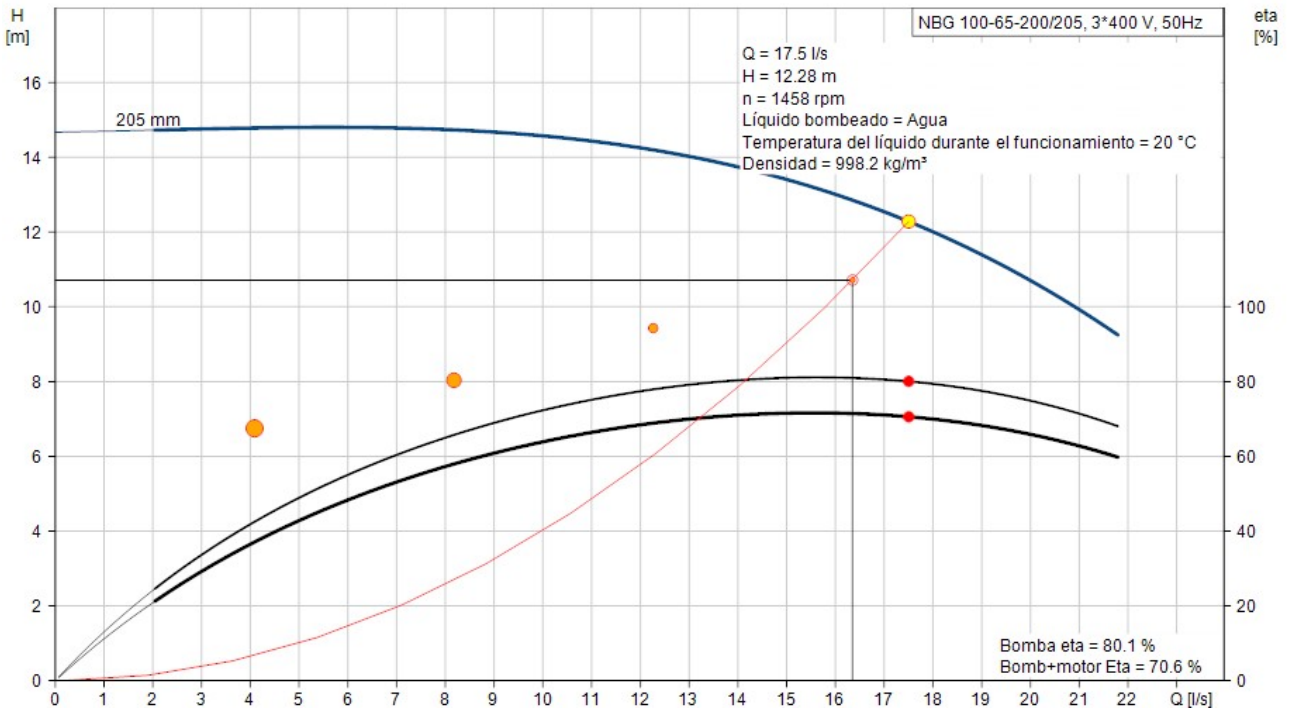


Curva característica y rendimiento en Epanet de Bomba Grundfos, modelo NBG 125-100-160/169 EUP AF2ABAQE – 98747500.

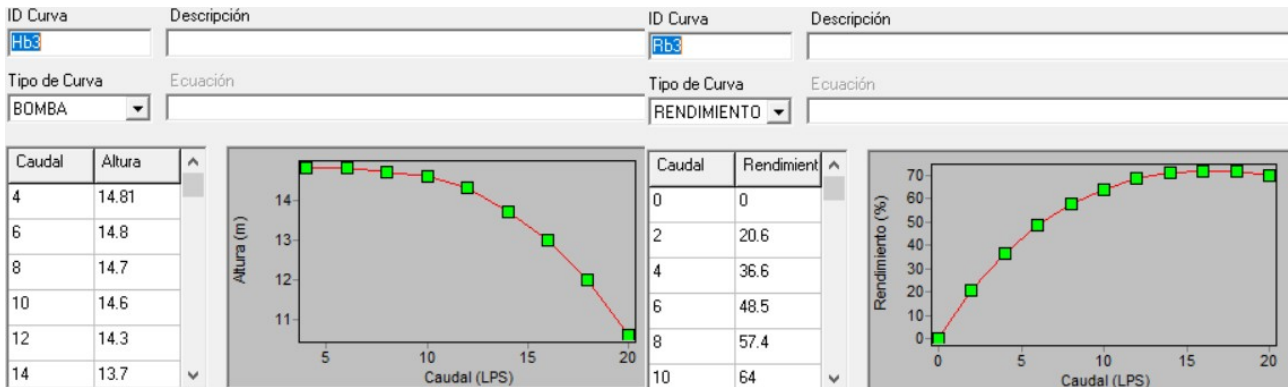
Al realizar la simulación, obtenemos los siguientes resultados:

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Se introduce la curva característica y de rendimiento, suministrada por el fabricante, en la aplicación de Epanet.



Curva característica y rendimiento de Bomba Grundfos, modelo NBG 100-65-200/205 AF2ABAQE - 97839505.

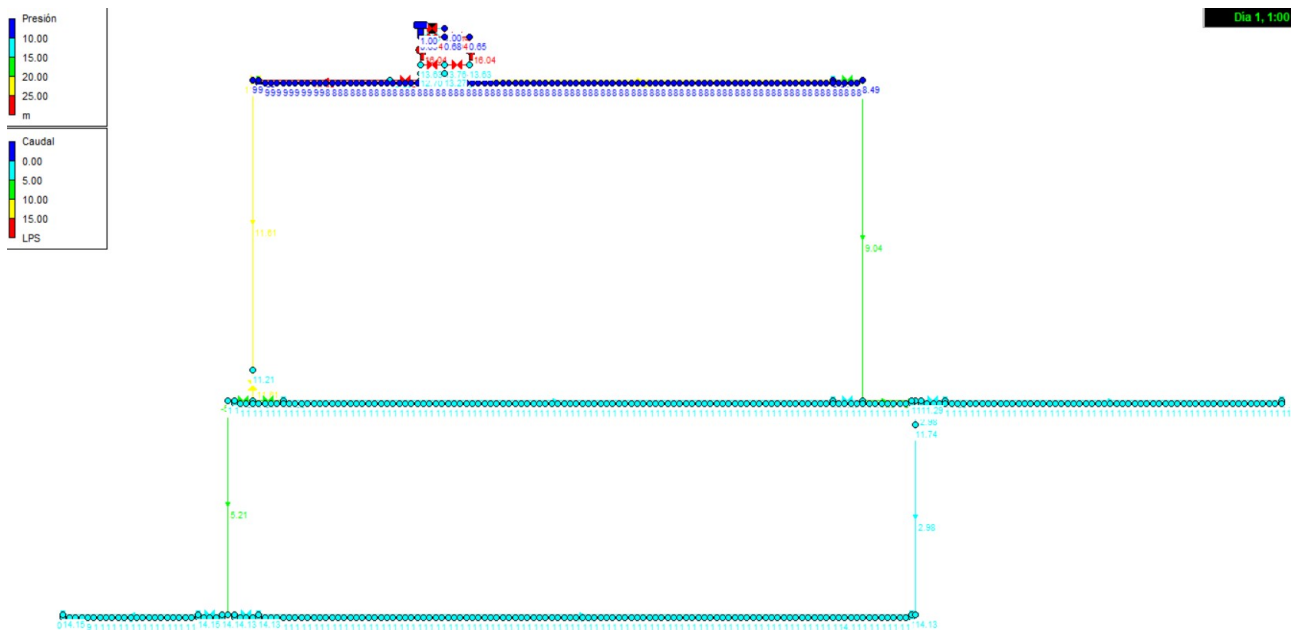


Curva característica y rendimiento en Epanet de Bomba Grundfos, modelo NBG 100-65-200/205 AF2ABAQE - 97839505.

Al realizar la simulación, obtenemos los siguientes resultados:

- Se riega durante una hora, y se observa en el gráfico, que la presión en el punto de demanda no es suficiente (menor de 20 mca).
- Se comprueba que sería suficiente con un soporte para incrementar la altura del depósito 12 metros

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Simulación de Bombeo con Epanet.

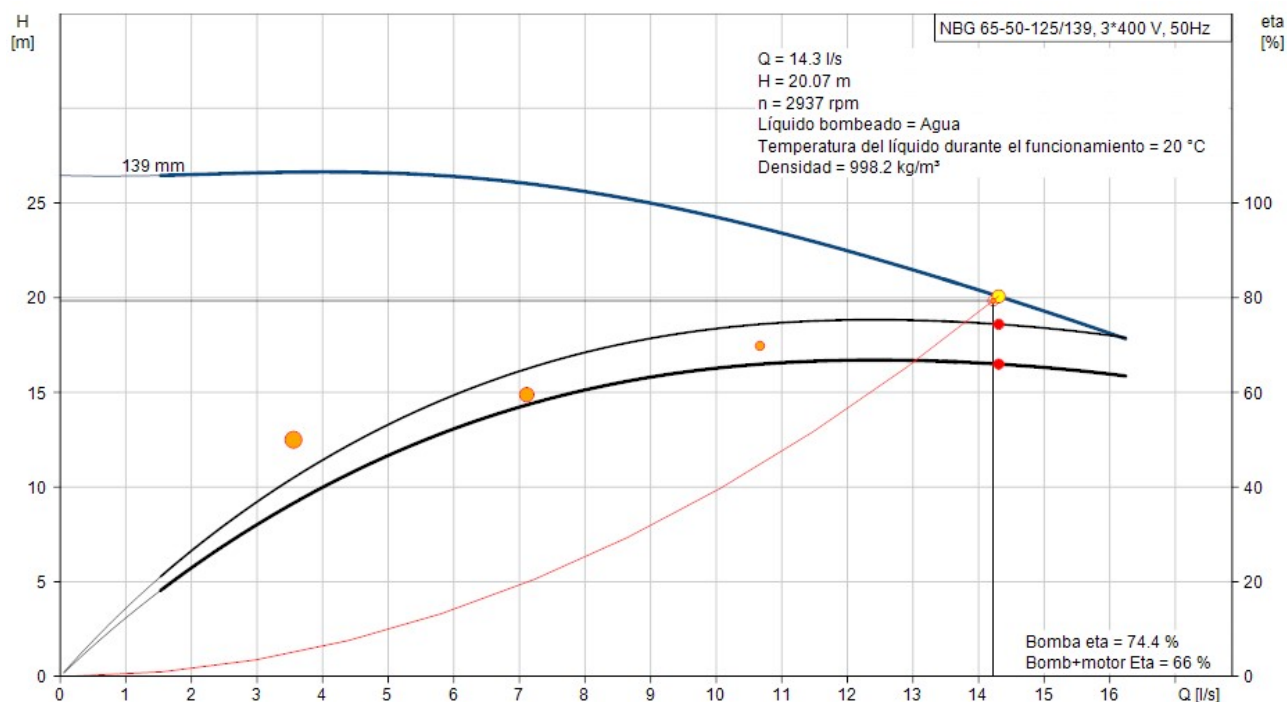
Opción 3

Analizando la opción anterior, se necesitaría más presión para cumplir con los requisitos. Por lo tanto, se busca una bomba que levante más presión, y no es necesario que tenga un caudal tan elevado. Se selecciona un punto dentro de la curva y se elige la bomba que se considera adecuada de las que ofrece la aplicación. En este caso, es el modelo de bomba para riego: NBG 65-50-125/139 AF2ABAQE - 97839309

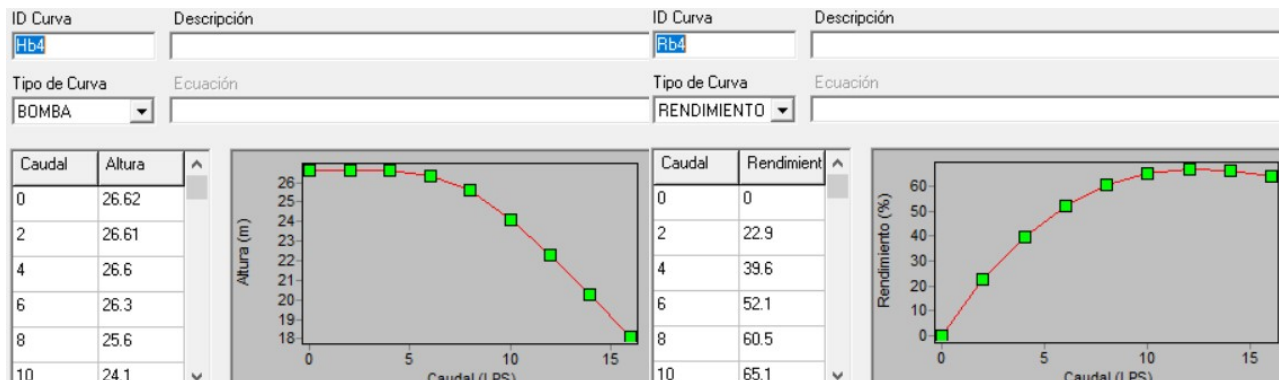
Se puede proceder a la introducción de datos en Epanet:

- Se introduce la altura del pozo.
- Depósito:
 - La altura total
 - Dimensiones
 - Nivel del depósito. Se considera el depósito lleno (después de la operación de bombeo)
- Líneas:
 - Primarias de PVC de 5 pulgadas
 - Secundarias de PVC de 4 pulgadas
- Válvulas de bloqueo: mismo diámetro que las líneas, de propósito general, y su curva de pérdidas. Estado fijo abierto, con un coeficiente de pérdidas de 0,2.
- Características de la bomba:
 - Se introduce la curva característica y de rendimiento, suministrada por el fabricante, en la aplicación de Epanet.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Curva característica y rendimiento de Bomba Grundfos, modelo NBG 65-50-125/139 AF2ABAQE - 97839309.

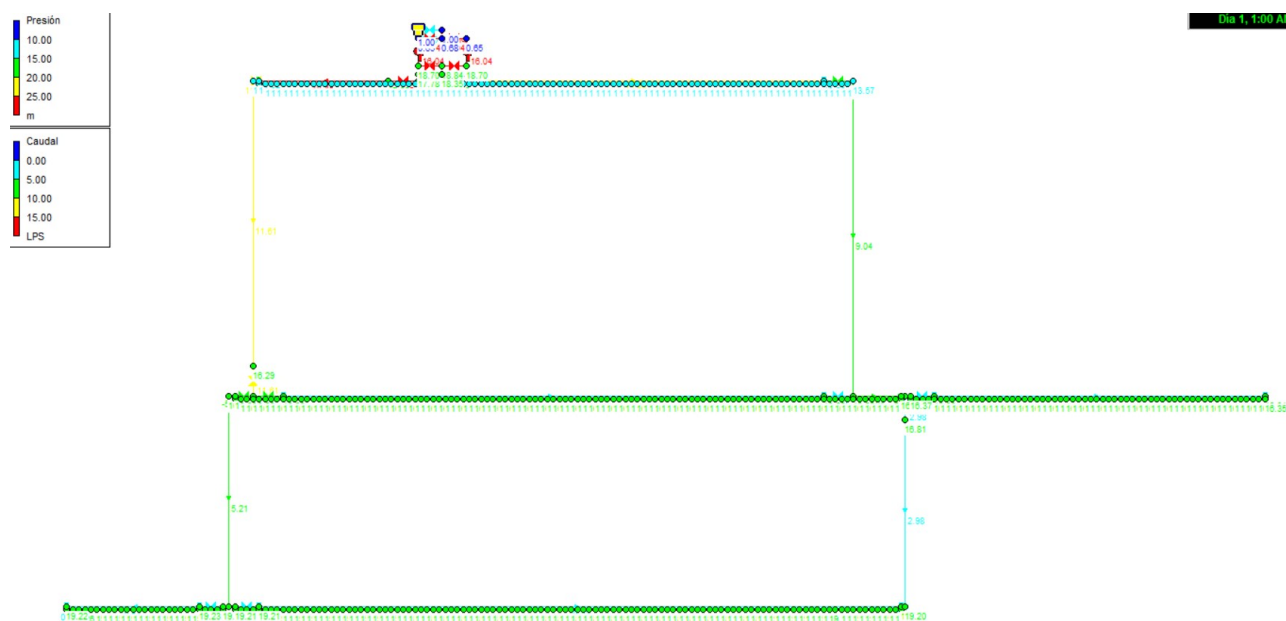


Curva característica y rendimiento en Epanet de Bomba Grundfos, modelo NBG 65-50-125/139 AF2ABAQE - 97839309.

Al realizar la simulación, obtenemos los siguientes resultados:

- Se riega durante una hora, y se observa en el gráfico, que la presión en el punto de demanda no es suficiente (menor de 20 mca).
- Se comprueba que sería suficiente con un soporte para incrementar la altura del depósito 7 metros

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



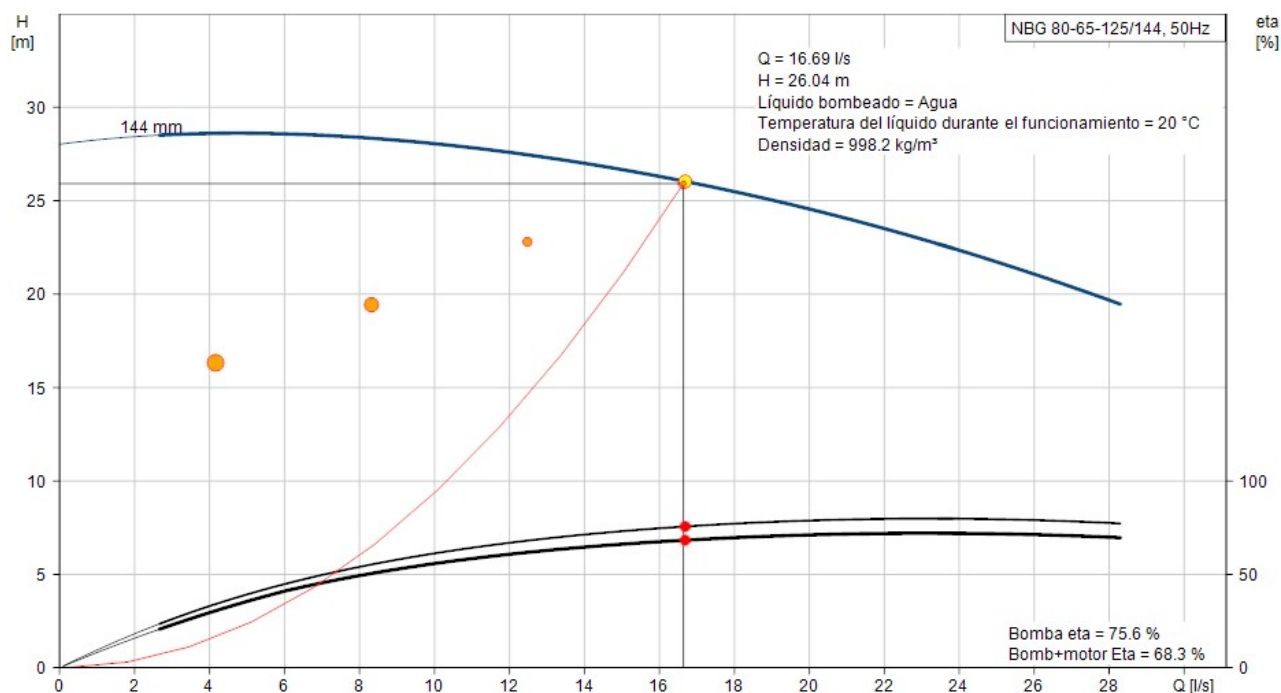
Opción 4

Se observa que la opción anterior necesitaría más presión para cumplir con los requisitos, se busca una bomba que levante más presión. No es necesario que tenga un caudal tan alto. Se selecciona un punto dentro de la curva y se elige la bomba que se considera adecuada de las que ofrece la aplicación. En este caso, es el modelo de bomba para riego: NBG 80-65-125/144 AF2ABAQE – 98306497.

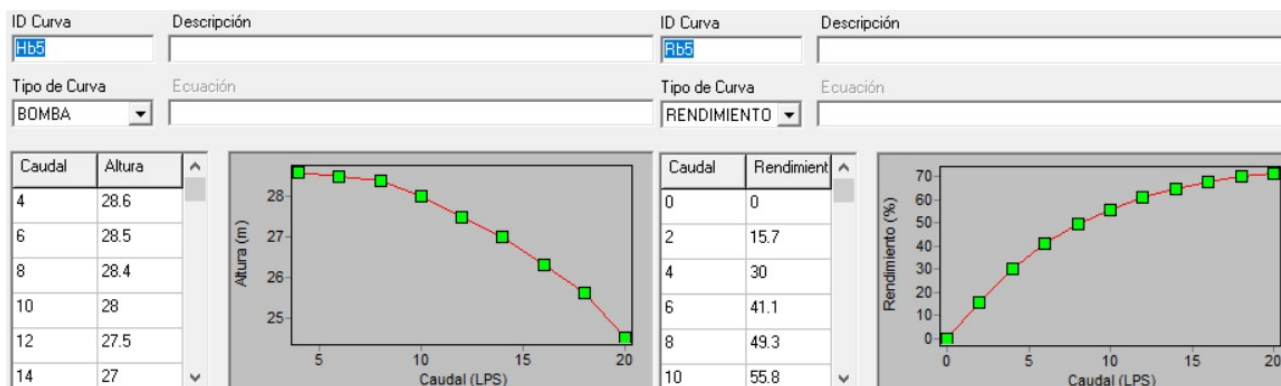
Se puede proceder a la introducción de datos en Epanet:

- Se introduce la altura del pozo.
- Depósito:
 - La altura total
 - Dimensiones
 - Nivel del depósito. Se considera el depósito lleno (después de la operación de bombeo)
- Líneas:
 - Primarias de PVC de 5 pulgadas
 - Secundarias de PVC de 4 pulgadas
- Válvulas de bloqueo: mismo diámetro que las líneas, de propósito general, y su curva de pérdidas. Estado fijo abierto, con un coeficiente de pérdidas de 0,2.
- Características de la bomba:
 - Se introduce la curva característica y de rendimiento, suministrada por el fabricante, en la aplicación de Epanet.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



Curva característica y rendimiento de Bomba Grundfos, modelo NBG 80-65-125/144 AF2ABAQE - 98306497.



Curva característica y rendimiento en Epanet de Bomba Grundfos, modelo NBG 80-65-125/144 AF2ABAQE - 98306497.

Al realizar la simulación, obtenemos los siguientes resultados:

- Se riega durante una hora, y se observa en el gráfico, que la presión en el punto de demanda es suficiente.
- No es necesario un soporte para incrementar la altura del depósito.

Nudos críticos			
Nudo	Po (mca)	L (m)	n (tomas)
NM1R64	21,52	103,103	103
NM2AR61	24,55	68,068	68
NM2BR53	27,18	53,053	53
NM3R36	28,33	58,058	58
NM4R13	24,55	53,053	53

Nudo crítico de cada modelo de Epanet.

Factores como la presión inicial de cabecera, la longitud de línea (pérdidas por rugosidad), y el número de tomas de demanda, influyen para identificar el nudo crítico. Se introduce un coeficiente de pérdidas (K_i), debido a las pequeñas derivaciones debido a las distintas tomas de goteo. Interpretando los resultados, el nudo NMR1R64, sería el nudo crítico, ya que tiene la presión en el nudo de cabecera inferior, la mayor longitud hasta el punto de demanda último, y por lo tanto el mayor número de tomas hasta tal punto.

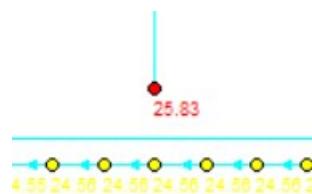
Se introduce un factor de pérdidas en la línea, debido a las tomas de agua para goteo hasta el nudo crítico, teniendo en cuenta que previamente hay 103 derivaciones ($n=103$).

$$K = 103 \text{ derivaciones} \cdot 0,03 / \text{derivación} = 3,09$$

Epanet calcula las pérdidas totales a partir de dicho factor, con las características de la línea.

$$h_L = K \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Con todo esto, se observa que, cumpliendo con la demanda de 0.00111 litros por segundo, o lo que es lo mismo, 4 litros por hora. el nudo crítico tiene una presión de 25,83 mca al cabo de la hora, por lo que la presión hidráulica para cubrir la demanda de todas las cepas es adecuada.



Presión calculada en nudo crítico mediante Epanet.

Resultados

Se han seleccionado bombas adecuadas para la instalación, cuyo punto de funcionamiento sería cercano al de máximo rendimiento. Observando los resultados de Epanet, podemos obtener el tiempo de funcionamiento de las bombas, el rendimiento, la energía consumida y la potencia necesaria.

Bomba	Rm	kW . h / m3	Pm (kW)	Pmax (kW)	tiempo (h)
Bomba 2A	67,55	0,11	6,12	6,12	1
Bomba 2B	67,55	0,11	6,12	6,12	1

Evolución de proceso de bombeo. Simulación de Bombeo con Epanet.

Además, se instalará un variador de frecuencia para hacer funcionar las bombas con el mayor rendimiento posible, y tener mayor flexibilidad para otras aplicaciones. El modelo seleccionado es el variador de velocidad ATV930-22kW-400/480V de la marca Schneider Electric (Anexo VIII).

4.4. Diseño de la instalación solar fotovoltaica

Se va a diseñar la instalación fotovoltaica necesaria para cumplir con los requisitos de energía necesaria para el correcto funcionamiento de las bombas.

Como herramienta para realizar los cálculos de inclinación y orientación óptima de los paneles fotovoltaicos, se ha utilizado el software PVGIS. Se trata de una herramienta online gratuita, para estimar la producción de electricidad producida por un sistema fotovoltaico.

PVGIS es una aplicación oficial desarrollada por la Unión Europea que permite calcular la producción fotovoltaica en cualquier zona de Europa, Asia y América, permitiendo al usuario conocer las ventajas o desventajas que tendría instalar un equipo de autoconsumo en una zona geográfica determinada.

Mediante un mapa interactivo de los continentes vía satélite, PVGIS te da la opción de seleccionar una zona región, o introducir sus coordenadas, para determinar los datos de radiación solar y calcular tu producción fotovoltaica en un área geográfica determinada.

4.4.1. Características de la zona

La parcela no tiene edificios ni objetos que generen sombras en su perímetro. Tiene una pequeña pendiente hacia la orientación Este. En el dimensionado de la parte hidráulica, se ha dejado terreno libre que permite la instalación de los módulos fotovoltaicos.

No hay nada que pueda suponer una reducción importante de la energía que incidirá diariamente sobre los módulos fotovoltaicos. Por lo tanto, se tiene libertad para escoger la mejor orientación, que es la que se corresponde al Sur (azimut 0°). Al encontrarse la parcela aislada de edificios, y separada de los árboles de otras fincas, los módulos fotovoltaicos no se ven afectados por sombras externas. Sí que es necesario calcular la distancia entre paneles, para evitar sombras entre ellos.

En primer se desea obtener el ángulo de inclinación óptimo para las placas fotovoltaicas. El software aporta ese dato, si se selecciona instalación conectada a la red. Introduciendo las coordenadas de la finca: (40.190 , -0,155).

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Datos proporcionados:

Localización [Lat/Lon]: 40.190, -0.155
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH

Resultados de la simulación:

Ángulo de inclinación [°]: 38 (opt)
Ángulo de azimut [°]: 0

Ángulo de inclinación óptimo mediante PVGIS.

Siendo el ángulo de inclinación óptimo de 38°.

Teniendo este dato, y las coordenadas de la finca, se puede recopilar una serie de datos para estudiar la irradiación de la zona durante los últimos años. El software nos da información de varios años, pero se considera que es conveniente hacer un estudio de los últimos 5 años de los que se tienen datos, en este caso es desde 2012 a 2016.

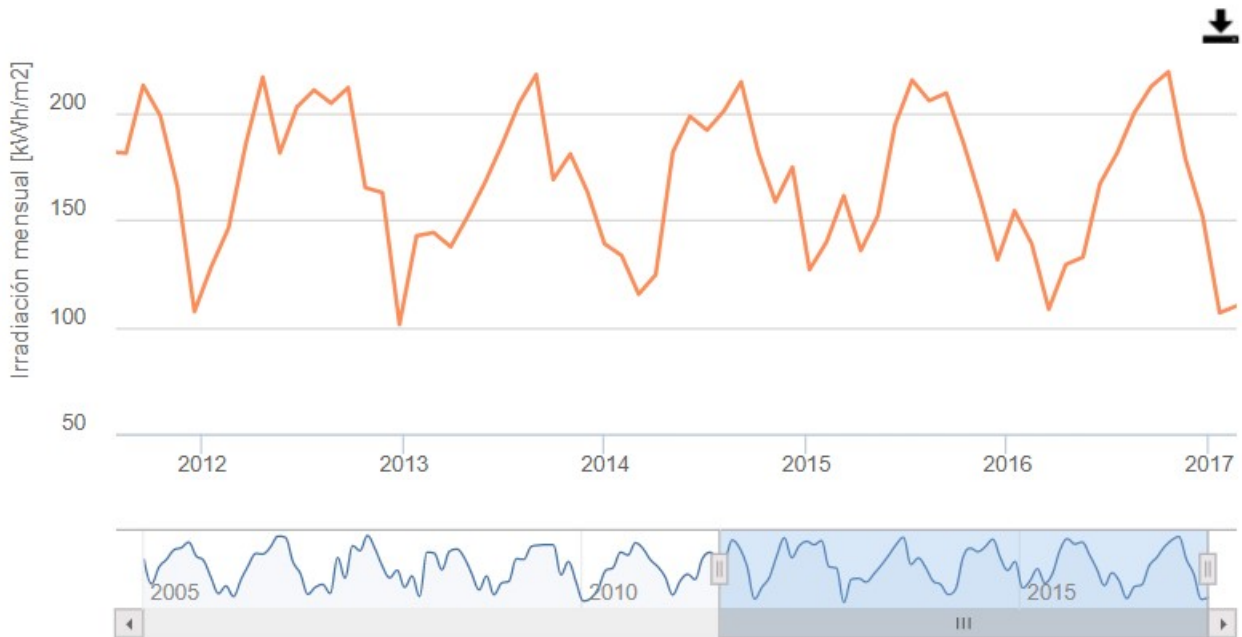


The screenshot displays the PVGIS web application interface. On the left, a map shows a location in France with a blue pin. The map includes labels for 'Mas d'Ensavi', 'Les Foietes', and 'Las Foias'. The right side of the interface contains a control panel. At the top, it shows the selected coordinates '40.190, -0.155' and an elevation of '426 m'. Below this, there are options for 'Utilizar las sombras del terreno' (checked) and 'Horizonte calculado' (checked). A sidebar on the left lists various data options: 'CONECTADO A RED', 'FV CON SEGUIMIENTO', 'FV AUTÓNOMO', 'DATOS MENSUALES', 'DATOS DIARIOS', 'DATOS HORARIOS', and 'TMY'. The 'DATOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN' section is active, showing the 'Base de datos de radiación solar' set to 'PVGIS-SARAH', the 'Año inicial' set to '2012', and the 'Año final' set to '2016'. Under 'Irradiación', the 'Irradiación global con el ángulo óptimo' option is selected. The 'Ratio' section has 'Ratio difusa/global' selected, and the 'Temperatura' section has 'Temperatura media' selected.

Intruducción de coordenadas en la herramienta PVGIS.

Con esto, la aplicación nos devuelve una serie de datos. En primer lugar, obtenemos la irradiación solar mensual de los últimos años, y de aquí, podemos averiguar cual es el mes crítico, que en este caso, analizando los datos sería Diciembre (Anexo IX).

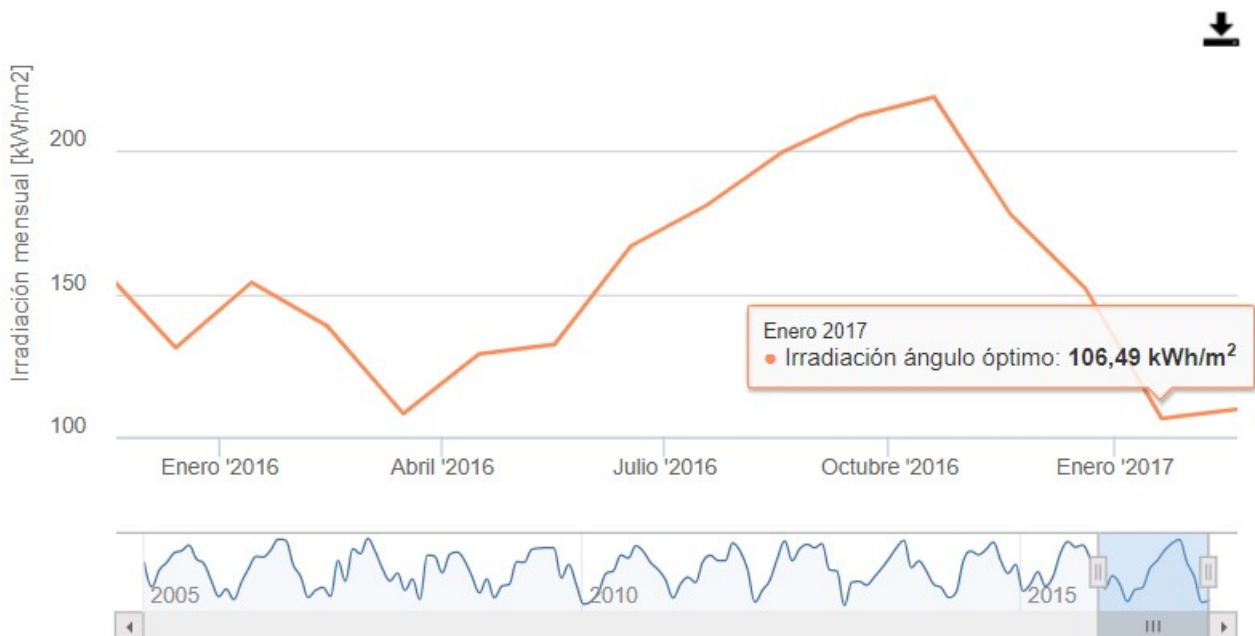
Irradiación solar mensual



Irradiación
(Click on series to hide)
— Irradiación ángulo óptimo

Irradiación solar mensual últimos 5 años para el ángulo óptimo. Herramienta PVGIS.

Irradiación solar mensual



Irradiación
(Click on series to hide)
— Irradiación ángulo óptimo

Irradiación solar mensual en 2016 para el ángulo óptimo. Herramienta PVGIS.

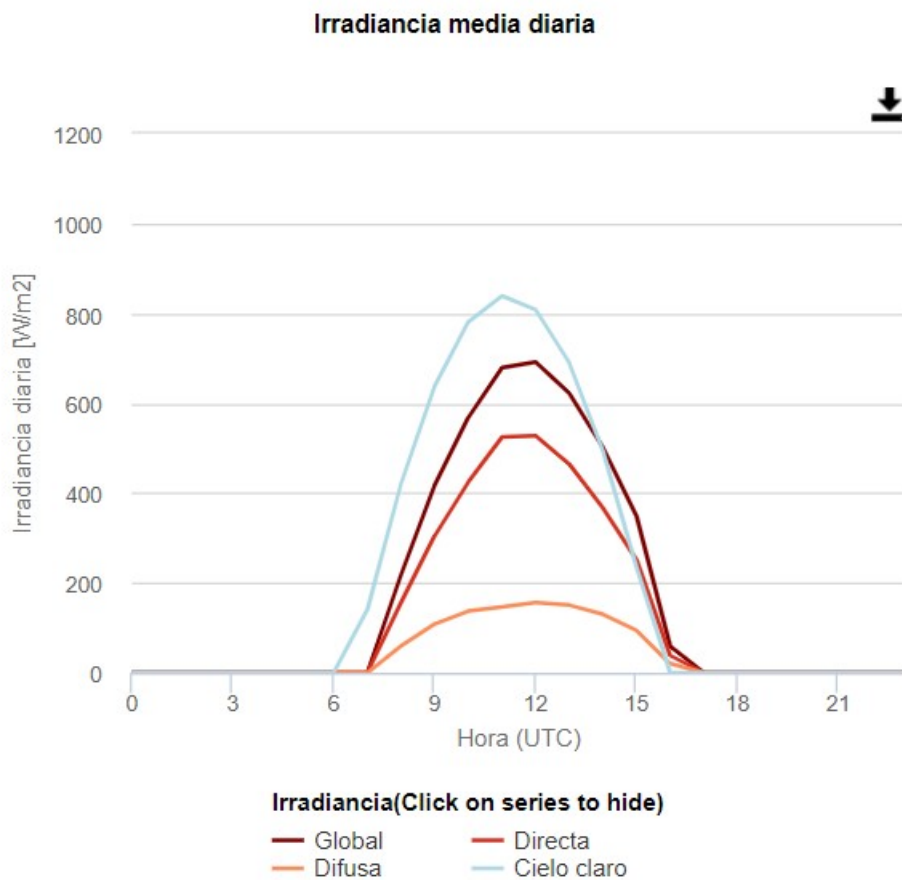
Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Global irradiation optimum angle

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	177.59	111.46	133.36	148.19	135.52	107.89	139.35	146.09	143.91	115.17	161.11	108.17
Febrero	134.12	141.26	116.88	111.65	138.83	125.55	151.6	185.01	137.3	124.31	135.55	129.02
Marzo	164.16	167.08	181.39	190.96	179.06	158.31	142.02	216.45	151.55	181.46	151.8	132.44
Abril	177.69	188.47	144.43	189.03	177.97	163.04	179.45	181.08	167.21	198.13	193.99	166.72
Mayo	195.03	187.42	202.56	159.41	201.08	190.95	190.73	202.5	184.92	191.69	215.05	181.04
Junio	198.8	200.74	193.44	192.09	203.35	185.68	181.61	210.39	204.17	200.72	205.44	199.65
Julio	208.71	219.59	220.64	196.62	204.27	207.83	180.98	204.25	217.59	214.2	208.98	212.14
Agosto	183.98	217.27	197.72	181.24	203.8	197.67	212.58	211.53	168.66	181.2	185.9	218.87
Septiembre	176.04	173.33	166.13	152.85	150.17	177.41	198.47	164.84	180.58	158.32	159.78	178.19
Octubre	145.24	152.68	144.87	123.43	174.19	165.06	165.43	162.57	162.91	174.43	131.2	151.74
Noviembre	116.77	115.44	158.87	148.09	138.8	146.53	107.02	101.06	138.68	126.59	154.07	106.49
Diciembre	130.57	128.23	128	114.67	103.27	114.55	128.15	142.39	133.23	139.62	138.73	109.72

Irradiación solar mensual últimos 5 años para el ángulo óptimo. Herramienta PVGIS.

Además, podemos obtener la irradiancia media en el mes crítico, diciembre (Anexo X):



Irradiancia media diaria en el mes crítico (diciembre). Herramienta PVGIS.

Y el dato importante para el cálculo, la irradiancia media diaria para cada mes del año:

Irradiancia (W.h / m2 / día)	
Mes	H(ángulo óptimo)
Ene	3990
Feb	5050
Mar	6220
Abr	6340
Mayo	6630
Jun	6940
Jul	7040
Ago	6740
Sep	6110
Oct	5380
Nov	4350
Dic	3640
Media anual	5710

Irradiancia media diaria. Herramienta PVGIS

Observamos que la irradiancia media diaria en el mes crítico (diciembre), sería:

$$H = 3640 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$$

4.4.2. Energía eléctrica de diseño

A pesar de que el riego de las viñas tiene ciclos temporales anuales, la instalación se va a diseñar para un riego constante anual para mejorar la versatilidad de la instalación. Por lo tanto, se va a considerar que la planta puede trabajar a pleno rendimiento durante todo el año.

La instalación cuenta con 3 bombas, que son la parte de consumo principal de la instalación. También hay que contabilizar el consumo de la parte de iluminación tanto de la vivienda como de la instalación de regadío.

ITEM	Rm	kW . h / m3	Pm (kW)	Pmax (kW)	tiempo (h)	kWh
Bomba 1	58,55	0,47	10,4	10,96	5	93,60
					Eb1	93,60

Consumo bombeo.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

ITEM	Rm	kW . h / m3	Pm (kW)	Pmax (kW)	tiempo (h)	kWh
Bomba 2A	67,55	0,11	6,12	6,12	1	9,06
Bomba 2B	67,55	0,11	6,12	6,12	1	9,06
Eb2						18,12

Consumo riego.

ITEM	kW	tiempo (h)	kWh
Iluminación	0,5	7	3,50
Ei			3,50

Consumo iluminación

La instalación está diseñada para que funcionen, en primer lugar, la Bomba 1, bombeo desde el pozo hacia el depósito, y posteriormente las bombas de riego Bomba 2A y Bomba 2B. Por lo tanto, se va a diseñar la instalación en función del consumo instantáneo de la Bomba 1, por otro lado, el funcionamiento simultaneo de Bomba 2A y Bomba 2B, y en horario nocturno se estimarán las cargas de iluminación.

Consumo instantaneo																								
ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Bomba 1																								
Bomba 2A																								
Bomba 2B																								
Iluminación																								

Estimación de consumo instantáneo.

Para obtener el consumo real de la instalación, la energía total, es necesario que calcular las pérdidas. Se va a calcular el coeficiente de pérdidas R.

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \cdot \left(1 - \frac{K_a \cdot N}{P_d}\right)$$

Coeficiente de pérdidas.

Siendo:

- K_b , coeficiente de perdidas por rendimiento del acumulador:
Toma valores entre 0,05 y 0,1 en función de las descargas.
Se considerará un valor de 0,7.
- K_c , coeficiente de perdidas en el convertidor:
Toma valores entre 0,05 y 0,1.
Se tomará un valor de 0,5.
- K_v , coeficiente de perdidas varias (rendimiento de la red, efecto Joule...)
Se consideran valores entre 0,05 y 0,15
Al ser una instalación relativamente pequeña, se tomará un valor de 0,05

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

· Ka, coeficiente de auto descarga diaria:

- 0,002, para baterías de baja autodescarga, Ni-Cd.
- 0,005, para baterías estacionarias de Pb-acido
- 0,012, para baterías de alta autodescarga

Se usarán baterías de Pb-acido, por lo que se tomará un valor de 0,005

· N, es el número de días de autonomía de la instalación (no se va a producir la energía esperada, se consideran días nublados, mantenimiento...)

Se tomará un valor de 1, ya que generalmente los días nublados y lluviosos favorecen el riego de la instalación.

· Pd es la profundidad de descarga de las baterías, conviene no bajar del 80% ya que los ciclos de carga / descarga amplios son contraproducente para las baterías.

Se considerará un valor de 0,8.

Y se obtiene el valor del coeficiente de pérdidas R.

Cálculo coeficiente de pérdidas	
Kb	0,07
Kc	0,05
Kv	0,1
Ka	0,005
N	1
Pd	0,8
R	0,77513

Coeficiente de pérdidas.

Energía real de la instalación:

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Energía real.

Teniendo en cuenta el consumo de la Bomba 1, la Bomba 2A y la Bomba 2B, y la iluminación, aplicando el coeficiente de pérdidas, tenemos un consumo:

Energía real de la instalación: 148,65 kWh/día

4.4.3. Elección del módulo fotovoltaico

Los módulos solares que se van a instalar son el modelo Tiger 465W Mono Perc HC de la marca Jinko (Anexo XI). Las características del panel en condiciones standard son:

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

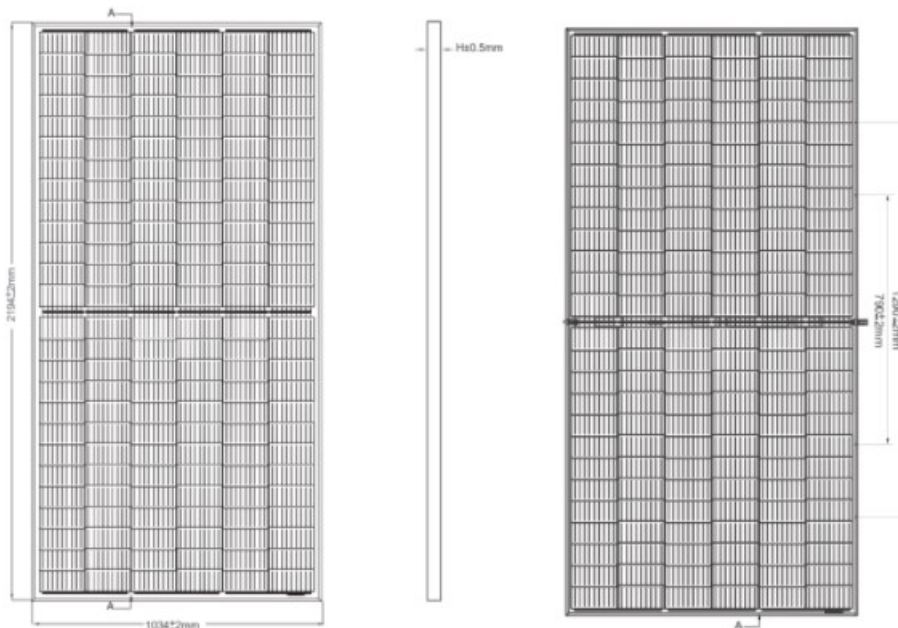
SPECIFICATIONS

Module Type	JKM460M-7RL3-V	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	460Wp	342Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.02V	41.00V
Maximum Power Current (Imp)	10.45A	8.33A
Open-circuit Voltage (Voc)	52.78V	49.71V
Short-circuit Current (Isc)	10.97A	8.86A
Module Efficiency STC (%)	20.78%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C	
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)	
Maximum series fuse rating	20A	
Power tolerance	0~+3%	
Temperature coefficients of Pmax	-0.36%/°C	
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C	
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C	
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C	

Características eléctricas panel fotovoltaico modelo Tiger 465W Mono Perc HC.

Y las dimensiones del panel:

Engineering Drawings



Características panel fotovoltaico modelo Tiger 465W Mono Perc HC.

4.4.4. Cálculo de módulos fotovoltaicos

A partir de los datos de irradiación y de la potencia pico instalada, se van a realizar los cálculos para obtener el número de módulos fotovoltaicos que se necesitan en la instalación.

Un parámetro a tener en cuenta para realizar el cálculo de la instalación es:

Horas de Pico Sol sobre una superficie, es el tiempo equivalente en horas, a una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m².

$$\text{HPS} = H / \text{Hopt (h)}$$

Siendo, Hopt = 1000 W/m²

H, es la irradiancia media diaria en el mes crítico (diciembre) para el ángulo óptimo de 38°, obtenida anteriormente:

$$H = 3640 \text{ Wh/día}$$

Y calculamos:

$$\text{HPS} = 3,64 \text{ Wh/día}$$

El número de módulos fotovoltaicos necesarios, se calculan a partir de la energía real necesaria, la potencia del panel fotovoltaico que se va a instalar, y las horas de pico sol:

$$\text{Nº módulos} = \text{Energía real de la instalación} / \text{Potencia del panel} \cdot \text{HPS}$$

Siendo:

Energía real de la instalación: 148650 Wh/día

Potencia del panel: 460 Wp

Er	148650
Wp	460
HPS	3,64
Nº módulos	88,78

Cálculo del número de módulos.

Por lo que necesitamos 89 módulos fotovoltaicos como mínimo.

4.4.5. Dimensionado del inversor

Un inversor fotovoltaico es un convertidor que transforma la energía de corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna. En nuestro caso, necesitaremos un inversor trifásico, necesario para conseguir que funcionen las bombas de la instalación.

Para calcular la potencia del inversor, hay que tener en cuenta la potencia de la instalación (en corriente alterna), y se le aplicará un coeficiente de seguridad del 20%

$$P_{inv} = 1,2 \cdot P_{AC}$$

Consideramos la potencia de nuestra instalación de 18,12 kW, que es la potencia máxima, cuando está en funcionamiento las bombas de riego.

Obtenemos una potencia de 21,74 kW.

El inversor elegido es el Fronius Symo de onda senoidal 7.0-3-m de 7000W (Anexo XII). Serán necesarios 4, como mínimo, para cubrir la potencia de la instalación. Los inversores se encontrarán conectados en paralelo, uno será el maestro que activará el resto (esclavos) en función de la potencia de consumo requerida. En el conexionado en paralelo de los inversores, se utiliza un kit de conexión en paralelo, donde se centralizan todos los cableados de potencia y comunicaciones entre los inversores.

4.4.6. Disposición de los módulos fotovoltaicos

Se debe estudiar cómo se puede realizar la conexión de los módulos en función de sus características y las del inversor. Se pueden conectar un número de paneles en serie siempre y que el voltaje total de dichos paneles esté dentro del rango aceptado por el inversor. La intensidad total, que se obtiene multiplicando el número de ramas en paralelo por la intensidad del panel, debe ser menor que la intensidad máxima de entrada del inversor.

Teniendo en cuenta las características del inversor (Anexo XII) y las características de los módulos (Anexo XI), se puede calcular y analizar la disposición de los módulos.

El número máximo de paneles que se pueden conectar en serie son:

$$\text{máx}(N_{\text{ramos}}) = \text{Int} \left[\frac{V_{INV,M}}{V_{MOD,OC}(T_r=-10^\circ\text{C})} \right]$$

Siendo $V_{INV,M}$ el voltaje máximo de entrada del inversor, y $V_{MOD,OC}(T_r=-10^\circ\text{C})$ el voltaje máximo que se va a alcanzar en el módulo fotovoltaico. Para calcularlo, se utiliza la fórmula:

$$V_{MOD,OC}(T_r=-10^\circ\text{C}) = V_{MOD,OC,STC} - 35\% \beta V_{MOD,OC}$$

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Siendo, $V_{MOD,OC,STC}$ el voltaje en circuito abierto del panel en condiciones standard, β el coeficiente de temperatura de voltaje en circuito abierto en condiciones standard, y $V_{MOD,OC}$ el voltaje en circuito abierto.

Sustituyendo los valores, obtenemos los siguientes resultados:

$V_{INV,M}$ (V)	1000
$V_{MOD,OC,STC}$ (V)	52,78
β	-0,34
$V_{MOD,OC}(T=-10^{\circ}\text{C})$ (V)	56,89
$V_{INV,M} / V_{MOD,OC}(T=-10^{\circ}\text{C})$ (V)	17,58
NMAXS	17

El número mínimo de paneles que se pueden conectar en serie son:

$$\min(N_{\text{series}}) = \text{Int} \left[\frac{V_{INV,m,MPP}}{V_{MOD,M}(T_c=70^{\circ}\text{C})} \right] + 1$$

Siendo $V_{INV,m,MPP}$ el voltaje mínimo de entrada del inversor, y $V_{MOD,M}(T=70^{\circ}\text{C})$ el voltaje mínimo que se va a alcanzar en el módulo fotovoltaico. Para calcularlo, se utiliza la fórmula:

$$V_{MOD,M}(T_c=70^{\circ}\text{C}) \approx V_{MOD,M,STC} + 45^{\circ} \beta V_{MOD,OC}$$

Siendo, $V_{MOD,M,STC}$ el voltaje máximo a potencia máxima del panel en condiciones standard, β el coeficiente de temperatura de voltaje en circuito abierto en condiciones standard, y $V_{MOD,OC}$ el voltaje en circuito abierto.

Sustituyendo los valores, obtenemos los siguientes resultados:

$V_{INV,m,MPP}$ (V)	150
$V_{MOD,M,STC}$ (V)	44,02
β	-0,34
$V_{MOD,M}(T=70^{\circ}\text{C})$ (V)	38,74
$V_{INV,M,STC} / V_{MOD,M}(T=70^{\circ}\text{C})$ (V)	3,87
NMINS	4

Por lo tanto, el número de paneles en serie debe estar comprendido entre 4 y 17, sabiendo que el número mínimo de paneles necesarios para la instalación son 89, se decide que se van a instalar 90 módulos fotovoltaicos. Instalaremos 6 generadores cada uno compuesto por 15 paneles en serie y un inversor.

La potencia total de 15 paneles en serie es de:

$$15 \cdot 0,46 \text{ kW} = 6,90 \text{ kW}$$

por lo que cumple con la potencia máxima de entrada de cada inversor, que es de 7 kW.

Además, el voltaje total máximo de los 15 paneles en serie, es de:

$$15 \cdot 44,02 = 660,30 \text{ V}$$

que está dentro del rango de voltajes de entrada aceptados por el inversor (150V – 1000V).

Es necesario comprobar que la intensidad que llega al inversor procedente de los módulos es inferior a la intensidad máxima en corriente continua del inversor:

$$N_{mp} I_{MOD,SC,STC} \leq I_{INV,M,DC}$$

Siendo, N_{mp} el número de paneles en paralelo conectados a cada inversor:

Sustituyendo los datos, siendo N_{mp} el número de paneles en paralelo conectados a cada inversor, en este caso es 1, y $I_{MOD,SC,ST}$ la intensidad de cortocircuito del módulo en condiciones standard, observamos que cumple con la condición.

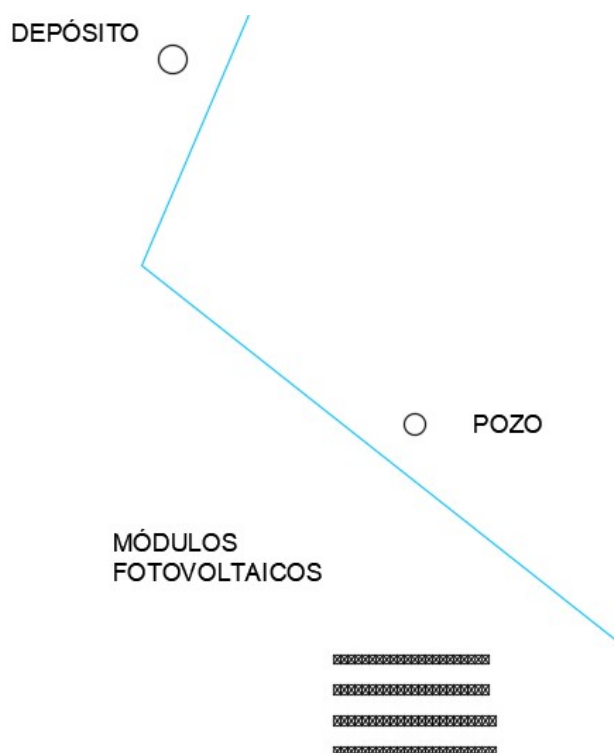
$I_{MOD,OC,STC} \text{ (A)}$	10,97
$I_{INV,M,DC} \text{ (A)}$	16

Para la colocación de los módulos fotovoltaicos, hay que tener en cuenta una distancia de separación para que no generen zonas de sombra entre ellos. Siendo esta distancia:

$$d = h / \text{tg} (61^\circ - \text{latitud})$$

Distancia entre módulos.

Se instalarán con orientación sur, verticalmente, y con un ángulo de inclinación igual al óptimo de 38 grados. Siendo la latitud de $40,19^\circ$ la altura de los paneles será de 1,011 metros, y distancia mínima entre módulos deberá ser de 2,66 metros. Por lo tanto, se podrían ubicar en la finca.



Ubicación módulos en la finca.

4.4.7. Dimensionado del regulador

El regulador de carga solar es un dispositivo electrónico cuya función es controlar el estado de carga de las baterías para garantizar que se realiza un llenado óptimo y así alargar su vida útil.

El regulador de carga solar se instala entre el campo fotovoltaico y las baterías y se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre los dos elementos. Este control del tránsito de energía se produce gracias al control de la intensidad y del voltaje a lo largo del tiempo que dura cada etapa de carga. Recordamos que las baterías precisan de varias etapas de carga que varían en parámetros de voltaje e intensidad en función del modelo que se utilice. El regulador se configura para la batería que tenga conectada y aplicará el algoritmo adecuado que maximizará la vida útil del acumulador.

Además, el regulador protege la batería contra las posibles sobrecargas y voltajes excesivos, compensando un superior voltaje desde el campo fotovoltaico para que la batería no se dañe en función del estado de carga en el que se encuentre en cada momento. Los reguladores, en función del fabricante, se pueden complementar con pantallas externas, dispositivos de comunicación, o bien puede estar integrado en el propio inversor.

Para seleccionar el regulador, hay que tener en cuenta las intensidades máximas de entrada y salida. Éstas, dependen de la intensidad máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada, y la corriente máxima de las cargas para la salida. Para dimensionarlo, se deberá

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

seleccionar un inversor con corriente entre 15% y 25% mayor a la corriente de cortocircuito que pueda generar el sistema fotovoltaico.

Si miramos los datos del panel fotovoltaico seleccionado, su intensidad de cortocircuito es:

$$I_{sc} = 10,97 \text{ A}$$

Seleccionamos un regulador el modelo de la serie MPPT-80C de la marca ATERSA (Anexo XIII) cuya máxima intensidad de entrada es de 70 A y su rango de tensiones de 12-48 Vcc.

MODELOS	MPPT - 80C
Corriente de salida máxima (continua hasta 50°C de temperatura ambiente)	80A
Tensión de baterías	12, 24, 36, 48 VCC Normal
Corriente de entrada de FV máx.	70A

Características del regulador.

Teniendo en cuenta este dato, podemos calcular el número máximo de paneles que podemos instalar en paralelo, siendo:

$$I_{max} = F_{seg} \cdot I_{sc} \cdot N_{MAXParalelo}$$

Siendo F el coeficiente de seguridad, consideramos 1,20, y I_{max} es 80 A:

$$N_{MAXparalelo} = 6,07$$

En este caso se instalarán 6, por lo tanto, se cumple con los requisitos.

4.4.8. Energía generada

Ya tenemos todos los datos, para analizar la energía que se va a generar anualmente en la instalación.

Energía diaria por panel: es la estimación de energía total que recibe el módulo fotovoltaico.

$$E_p = W_p \cdot HPS \cdot PR \text{ (kWh)}$$

Siendo W_p , la potencia pico del panel, y PR el factor global de funcionamiento que adquiere un valor entre 0,65 y 0,9. En nuestro caso, se ha considerado un factor $PR=0,8$.

Producción energética diaria: es la estimación de energía total que producirían los paneles, sin tener en cuenta las pérdidas en el inversor y en el cableado.

$$L_{md} = N \cdot W_p \cdot HPS \cdot PR \text{ (kWh)}$$

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Siendo N, el número de paneles, en nuestro caso 90.

Aporte energético diario: es la estimación de energía total que generaría la instalación fotovoltaica, teniendo en cuenta el rendimiento eléctrico.

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}}$$

Siendo:

L_{md} el consumo medio de energía diario

$L_{md,DC}$ el consumo medio de energía diario de las cargas en continua

$L_{md,AC}$ el consumo de las cargas en alterna

η_{inv} el rendimiento del inversor (0,96)

η_{bat} el rendimiento de las baterías y cableado (0,95)

η_{conv} el rendimiento del regulador (1)

Como no hay cargas de consumo en continua,

$$L_{md,AC} = L_{md} / \eta_{inv} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{conv} \quad (\text{kWh})$$

Sabiendo el número de módulos instalados, multiplicando la estimación de energía diaria de cada mes por el número de días, se obtiene el aporte energético mensual. Los cálculos obtenidos, son los siguientes:

Mes	H(óptimo)	HPS	Ep	Lmd	LmdAC	kWh
Ene	3990	3,99	1,47	132,15	120,52	3736,11
Feb	5050	5,05	1,86	167,26	152,54	4271,05
Mar	6220	6,22	2,29	206,01	187,88	5824,21
Abr	6340	6,34	2,33	209,98	191,50	5745,07
Mayo	6630	6,63	2,44	219,59	200,26	6208,12
Jun	6940	6,94	2,55	229,85	209,63	6288,77
Jul	7040	7,04	2,59	233,16	212,65	6592,04
Ago	6740	6,74	2,48	223,23	203,58	6311,12
Sep	6110	6,11	2,25	202,36	184,56	5536,66
Oct	5380	5,38	1,98	178,19	162,51	5037,66
Nov	4350	4,35	1,60	144,07	131,39	3941,81
Dic	3640	3,64	1,34	120,56	109,95	3408,38
						62901,02

Cálculos energéticos.

Siendo, en kWh, Ep la energía diaria por panel, Lmd la producción energética diaria y LmdAC la producción energética diaria del inversor.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

El total de la estimación de energía total generada en un año es: 62.901,02 kWh.

Y sabiendo que el rendimiento eléctrico es:

$$R_{elec} = \eta_{inv} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{conv}$$

La potencia máxima de la instalación sería:

$$P_{max} = N \cdot W_p \cdot PR \cdot R_{elec} = 27,03 \text{ kW}$$

4.4.9. Fuente de energía alternativa

Analizando la previsión de consumo real de las cargas de la instalación, y la generación de energía prevista por las placas fotovoltaicas, se puede estudiar si es necesario el uso de alguna alternativa de generación eléctrica, o bien algún medio para almacenar energía. En este caso, la instalación está diseñada para un sistema de riego constante para todo el año. La estimación de energía consumida diariamente sería:

ITEM	Rm	kW . h / m3	Pm (kW)	Pmax (kW)	tiempo (h)	kWh	
Bomba 1	58,55	0,47	10,4	10,96	5	18,72	
						Eb1	18,72

Consumo bombeo.

ITEM	Rm	kW . h / m3	Pm (kW)	Pmax (kW)	tiempo (h)	kWh	
Bomba 2A	67,55	0,11	6,12	6,12	1	9,06	
Bomba 2B	67,55	0,11	6,12	6,12	1	9,06	
						Eb2	18,12

Consumo riego.

ITEM	kW	tiempo (h)	kWh
Iluminación	0,5	7	3,50
		Ei	3,50

Consumo iluminación

Siendo la estimación de energía total consumida diariamente de Energía real de la instalación: 115,22 kWh/día.

Con la instalación fotovoltaica diseñada, se genera una energía diaria cada mes:

Mes	E _{gen} (kWh)
Ene	120,52
Feb	152,54
Mar	187,88
Abr	191,50
Mayo	200,26
Jun	209,63
Jul	212,65
Ago	203,58
Sep	184,56
Oct	162,51
Nov	131,39
Dic	109,95

Energía generada diariamente.

Por lo que todo el año, con excepción del mes de diciembre, la energía generada por la instalación es superior a la energía consumida. En este caso se necesitaría una energía de 5,27 kWh. Como los días críticos para generación de energía, coinciden con días nublados, y por lo tanto, con mayor probabilidad de lluvia y mayor humedad en el ambiente, el clima no es un factor crítico para el objetivo de la instalación.

Mediante el uso de tecnología de control, y si es necesario, también de control remoto, se puede automatizar la instalación, y aprovechar la energía generada para bombear el agua. También hay que tener en cuenta, averías, operaciones de mantenimiento, tanto predictivo como correctivo, y otros imprevistos que pueden hacer que se interrumpa el suministro eléctrico en cierto momento. Por lo tanto, se deben buscar alternativas. Algunas opciones serían:

Baterías solares

Las baterías para placas solares son unos acumuladores de energía que nos permiten almacenar la energía solar producida por nuestros paneles fotovoltaicos. Esta energía puede ser utilizada en cualquier momento del día al igual que la energía obtenida de la red.

Las baterías, o acumuladores solares, funcionan gracias a un proceso de reducción-oxidación, donde un componente gana electrones y el otro los pierde, generando una corriente eléctrica. La capacidad de acumular energía y generar corriente eléctrica posteriormente, se va degradando con cada uso, en función de los siguientes parámetros:

- Velocidad de descarga: mide la velocidad con la que se vacía la batería. A mayor velocidad de descarga menor será la vida de nuestra batería.
- Profundidad de la carga: mide la cantidad de energía que introducimos en nuestra batería con cada carga. A mayor profundidad de carga, menor será la vida útil. Por ello, nunca se recomienda descargar las baterías más de un 50%.

La potencia o cantidad de energía que nos puede proporcionar nuestra batería solar se calcula

multiplicando el voltaje por el amperaje de las mismas. Esta energía suministrada también depende de la velocidad con la que se descargue la batería. El amperaje representa la intensidad de corriente eléctrica, y el voltaje es la diferencia de potencial.

Otro factor, es la velocidad de descarga. Cuanto mayor sea la velocidad de descarga de la batería, menor será la potencia suministrada por la misma. La cantidad de amperios que puede suministrar vendrá en la descripción de la batería con el siguiente formato "C100", donde el número indica las horas de descarga.

Por lo tanto, los parámetros para tener en cuenta la elección de las baterías serán:

- Tiempo de autonomía: se va a considerar un día
- Energía necesaria, se considera necesario cubrir un día de riego: $E_D = 18,12 \text{ kWh / día}$

Siendo la capacidad necesaria del banco de baterías:

$$C_n = E_D / V \cdot \eta_{PD} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{inv}$$

Siendo:

- C_n la capacidad de las baterías necesaria
- V el voltaje de la instalación
- η_{PD} la eficiencia de profundidad de descarga, por su uso, se considera 0.95
- η_{bat} el rendimiento de la batería (0,95)
- η_{inv} el rendimiento del inversor (0,96)

Con estos datos, se observa que el número de baterías para la instalación sería muy elevado, su uso muy poco frecuente, por lo que no es una buena alternativa. Se decide instalar baterías sólo para poder mantener la instalación durante una hora, como regulación de carga para la instalación, aunque no se van a emplear trabajando por sí solas. El inversor permite conectarse baterías de 12 V, 24 V, 36 V y 48 V. En este caso se decide conectarse a 48 V.

La capacidad del banco de baterías sería de 435,71 Ah.

Se decide usar baterías de la marca Exide modelo Classic Enersol T 650 (Anexo XIV). Esta batería de 668Ah C100 de capacidad (497Ah C10) está formada por 6 vasos de 2V cada uno constituyendo una batería para sistemas de 12V. Serán necesarios 12 o 24 vasos para usar en instalaciones solares de 24V o 48V respectivamente. Se pueden usar para descargas profundas y para transmitir energía a cualquier aparato eléctrico exigente como grandes electrodomésticos o herramientas de uso industrial.



Baterías Exide modelo Classic EnerSol T 650.

Se usarán 24 vasos de 2V, para conseguir 48V. De modo que, se tendrá una capacidad de:

Batería de 48V con capacidad 668Ah: tiene $48V \times 668Ah = 32,06 \text{ kWh}$ para C100. Por lo que se asegura que se podría realizar la operación de riego o la de bombeo durante más de una hora.

Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno aportaría la flexibilidad de poder usarlo cuando sea necesario, con un mantenimiento mínimo, y serviría incluso de fuente de energía durante el proceso de construcción de la instalación.

Existen distintas tecnologías de combustión que permiten a los grupos electrógenos generar energía eléctrica:

Grupo electrógeno diésel

La tecnología diésel proviene del sector industrial y posteriormente se adaptó a los vehículos domésticos. Son capaces de suministrar gran potencia, ideales para potencias superiores a 5 kW y para un uso intensivo, se usan a menudo en talleres, lugares remotos, etc.

Grupo electrógeno gasolina

Se trata de dispositivos económicos, apropiados para un uso más esporádico que en el caso de los diésel. Ideales para potencias limitadas y usos puntuales.

Grupo electrógeno de nafta

Aún más económicos que los de gasolina, se emplean en potencias menores de 2 kW, aunque pueden utilizarse puntualmente para potencias más elevadas. Para pequeños establecimientos son

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

una solución muy pragmática.

Grupo electrógenos de LPG

Su ámbito de uso es similar a los de nafta. La ventaja de los grupos electrógenos a gas es su alta eficiencia y su menor impacto sobre el medioambiente. Se trata de equipos económicos y fiables.

Los grupos electrógenos también se pueden clasificar según su tensión:

Monofásicos: la mayoría de grupos electrógenos de baja potencia (hasta 5 kW) suministran corriente alterna a una tensión de 220V

Trifásicos: los generadores de potencia superior en cambio suelen incorporar tomas de corriente alterna a 400V.

Los grupos electrógenos también se pueden clasificar según su tensión:

A la hora de elegir un generador o grupo electrónico, hay que tener en cuenta si se trata de un generador fijo o móvil, así como la ubicación del mismo. En el mercado hay disponibles, por ejemplo, generadores insonorizados, algo más costosos, pero con un nivel de ruido aceptable para la ubicación en ciertos ámbitos.

Se considera que un generador diésel es la alternativa óptima para la instalación. En este caso, va a utilizarse en un lugar fijo, por lo que se selecciona uno con la potencia adecuada tanto para poder realizar el proceso de riego, como el de bombeo.

Se ha escogido un grupo electrógeno GDS27M-27KVA 22KW 230V de la marca GENERGY (Anexo XV).



Grupo electrógeno GENERGY GDS27M-27KVA 22KW.

Sus características son:

ESPECIFICACIONES GENERADOR / GENERATOR SPECIFICATION	GDS27M
Modelo / Model	GDS27M
Regulación - Voltaje - Frecuencia / Regulación - Voltage - Frequency	Estabilizador electrónico - 400/230V - 50Hz Electronic stabilizer - 400/230V - 50Hz
Potencia primaria / Prime Power (PRP)	20kW -25kVA fdp / pf 0.8
Potencia de Reserva / Standby Power (LTP)	22kW -27kVA fdp / pf 0.8
Intensidad Nominal / Rated current	90A
Nivel de presión acústica media a 7Mts LpA/ Noise level at 7mts	72 dB (A)
Referencia / Reference	2018009

Características del grupo electrógeno GENERGY GDS27M-27KVA 22KW.

4.4.10. Auditoría energética

Las auditorías energéticas son medidas para conocer el estado de la instalación en cuanto a consumo energético. Se considera necesario establecer un protocolo de auditoría energética que permita diagnosticar los puntos de menor eficiencia de la instalación y proponer soluciones de mejora de la misma a lo largo de toda su vida útil. Es necesario determinar los puntos críticos y estudiar las medidas de ahorro que se pueden llevar a cabo.

Se establecen los siguientes puntos de estudio para la realización periódica de auditorías energéticas:

- Descripción de la infraestructura hidráulica: equipos y propiedades características
- Descripción de equipos consumidores de energía
 - o Consumo eléctrico de las distintas partes de la instalación
 - o Consumo de combustible del grupo electrógeno
- Gastos / ingresos generados por la instalación
- Gestión de datos:
 - o Monitorización y seguimiento de consumos hidráulicos sectorizados
 - o Monitorización y seguimiento de consumos eléctrico de los distintos equipos
 - o Monitorización y seguimiento de consumo de combustible del grupo electrógeno
- Estudio de eficiencia de grupos de bombeo
- Estudio de eficiencia del grupo electrógeno

- Descripción de la infraestructura fotovoltaica: equipos y propiedades características
- Inspección visual de los módulos fotovoltaicos
- Determinación de la máxima potencia
- Mediciones eléctricas
- Inspección mediante termografía infrarroja

- Evaluación de la gestión energética
 - o Mantenimiento periódico a equipos consumidores de energía
 - o Alcance, tipo y personal encargado de las revisiones periódicas
 - o Calificación energética

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Valoración y propuesta de mejoras
 - o Mejoras de diseño
 - o Mejoras de uso y mantenimiento
 - o Mejoras en los equipos

5. PRESUPUESTO

Presupuesto			
Concepto	Uds.	Precio Ud.	Total
Horas de trabajos acondicionamiento finca. Obra civil.	80	50,00 €	4.000,00 €
Horas de trabajo de albañil	80	25,00 €	2.000,00 €
Horas de trabajo de fontanería	360	30,00 €	10.800,00 €
Complementos instalación de fontanería	1	5.000,00 €	5.000,00 €
Depósito de agua	1	51.800,00 €	51.800,00 €
Metros de tubería de PVC de 4"	1500	5,94 €	8.910,00 €
Metros de tubería de PVC de 3"	750	3,65 €	2.737,50 €
Metros de tubería de PVC de 2"	29000	3,00 €	87.000,00 €
Bomba Grundfos, SP 30-11 - 13A01911	1	4.708,00 €	4.708,00 €
Bomba Grundfos, NBG 80-65-125/144 AF2ABAQE – 98306497	2	3.074,00 €	6.148,00 €
Variador de frecuencia Schneider Electric ATV930-22kW-400/480V	1	3.200,00 €	3.200,00 €
Panel Solar Jinko Tiger 465W Mono Perc HC	90	189,00 €	17.010,00 €
Inversor Red FRONIUS Symo 7.0-3-M 7kW	6	2.130,62 €	12.783,72 €
Regulador solar MPPT 80C 12-48V 70/80A	1	360,11 €	360,11 €
Grupo electrógeno diésel Genergy GDS27M-27KVA 22KW 230V	1	8.584,95 €	8.584,95 €
Kit de 6 vasos Batería Exide Classic Enersol T 650 (668Ah C100)	4	1.234,19 €	4.936,76 €
Instalación eléctrica	1	5.000,00 €	5.000,00 €
Horas de electricista	160	30,00 €	4.800,00 €
Horas de instrumentista	160	35,00 €	5.600,00 €
Complementos instalación eléctrica	1	5.000,00 €	5.000,00 €
Trabajo de jardinería / plantación	1	3.000,00 €	3.000,00 €
			253.379,04 €

6. CONCLUSIONES

Para analizar el rendimiento económico (Anexo XVI) de la instalación, suponiendo una plantación de viñedos, se estima que:

- Se plantarán 28871 cepas.

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

- Cada cepa puede producir 2,5 Kg de uva, en este caso, se tomará 2 kg por cepa.
- El precio de venta oscila en función del año y de las calidades, en los últimos años ha estado en el rango de 0,6 y 1 euros por Kg, se considerará un precio de 0,7 euros / kg.

Por lo tanto, se estiman unas ventas anuales de 40419,40 euros.

Además, en cuanto a costes:

- Los costes de la vendimia se calculan en 8 euros cada 100 kg, lo que asciende a 4619,36 euros.
- Se estima un gasto en mantenimiento de 1000 euros al mes, lo que asciende a 12000 euros anuales.

El mantenimiento de la instalación contempla limpieza y mantenimiento adecuado de los módulos fotovoltaicos, incluso sustitución o adición de algunos de ellos para mantener la producción eléctrica. El fabricante asegura una 100% de rendimiento durante 10 años y un 80% de rendimiento durante 25 años.

Para saber si la inversión es rentable calculamos el VAN de la operación aplicando la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

- I es la inversión inicial para llevar a cabo el proyecto
- V es el flujo de caja en cada periodo
- k es la tasa de descuento
- n es el número de periodos

Aplicando los datos de la instalación:

- I = 253.379,04 € (presupuesto total)
- V = 23.800,04 € (resultado anual esperado)
- k : se considera un 5% de rentabilidad
- n : se considera un periodo de vida de la instalación 25 años

Se considera un incremento anual del IPC del 2% para calcular los costes y las ventas.

Obteniendo como resultado un VAN positivo de 155.604,42 €, lo que significa la inversión sería rentable.

En la instalación, la tasa interna de retorno, TIR sería del 9.96% y el periodo de retorno se situaría en 10 años. Por lo que se podría decir que es una buena oportunidad de negocio.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Libros

- OIV 2019 Statistical Report on World Vitiviniculture
- CICYTEX 2014. Manual práctico de riego. Vid para vinificación.
- Delta Volt. (2018). Energías Renovables. Bombear agua con Energía Solar
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de la red (IDAE)
- Apuntes de la asignatura Gestión Eficiente de Transporte de Fluidos del Máster en Eficiencia Energética y Sostenibilidad (Universitat Jaume I).
- Epanet. Manual de usuario.
- Apuntes de la asignatura de Tecnología del Máster en Eficiencia Energética y Sostenibilidad (Universitat Jaume I).
- Francisco José Gimeno. Salvador Seguí (Universitat Politècnica de València). Energía solar fotovoltaica.

- Páginas web

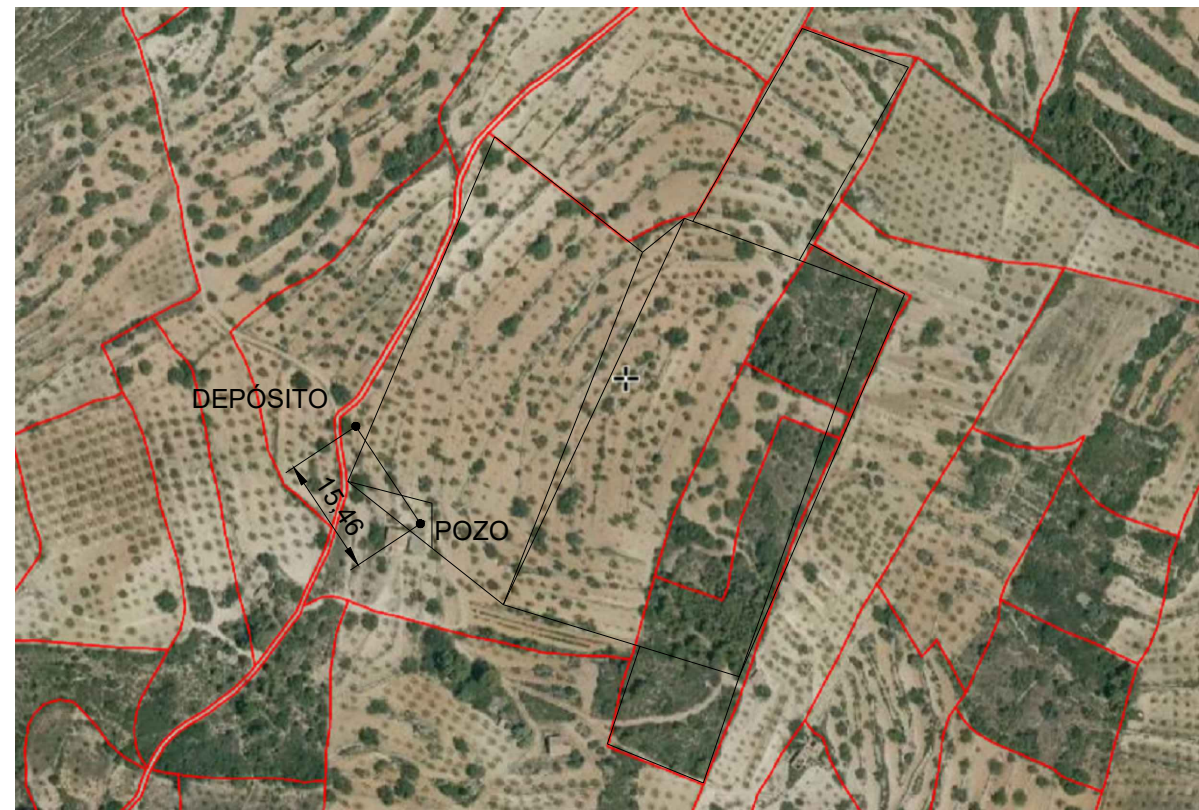
- Sede Catastro
- Visor SigPac
- OIV
- Grundfos
- PVGIS
- Schneider Electric
- Fronius
- Jinko Solar
- Atersa
- Genergy

- Aplicaciones informáticas

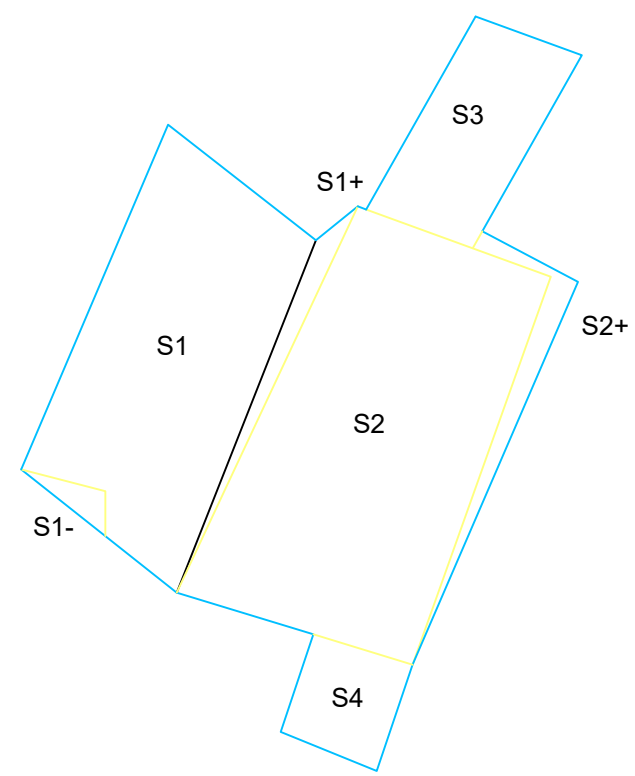
- Autocad
- Epanet
- Epacad

III. ANEXOS

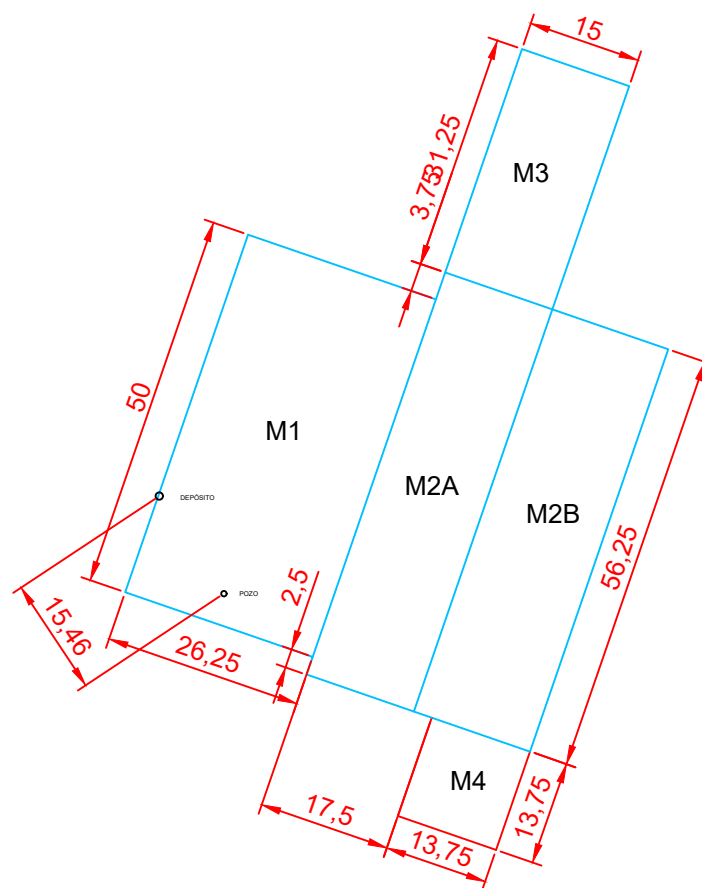
Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos



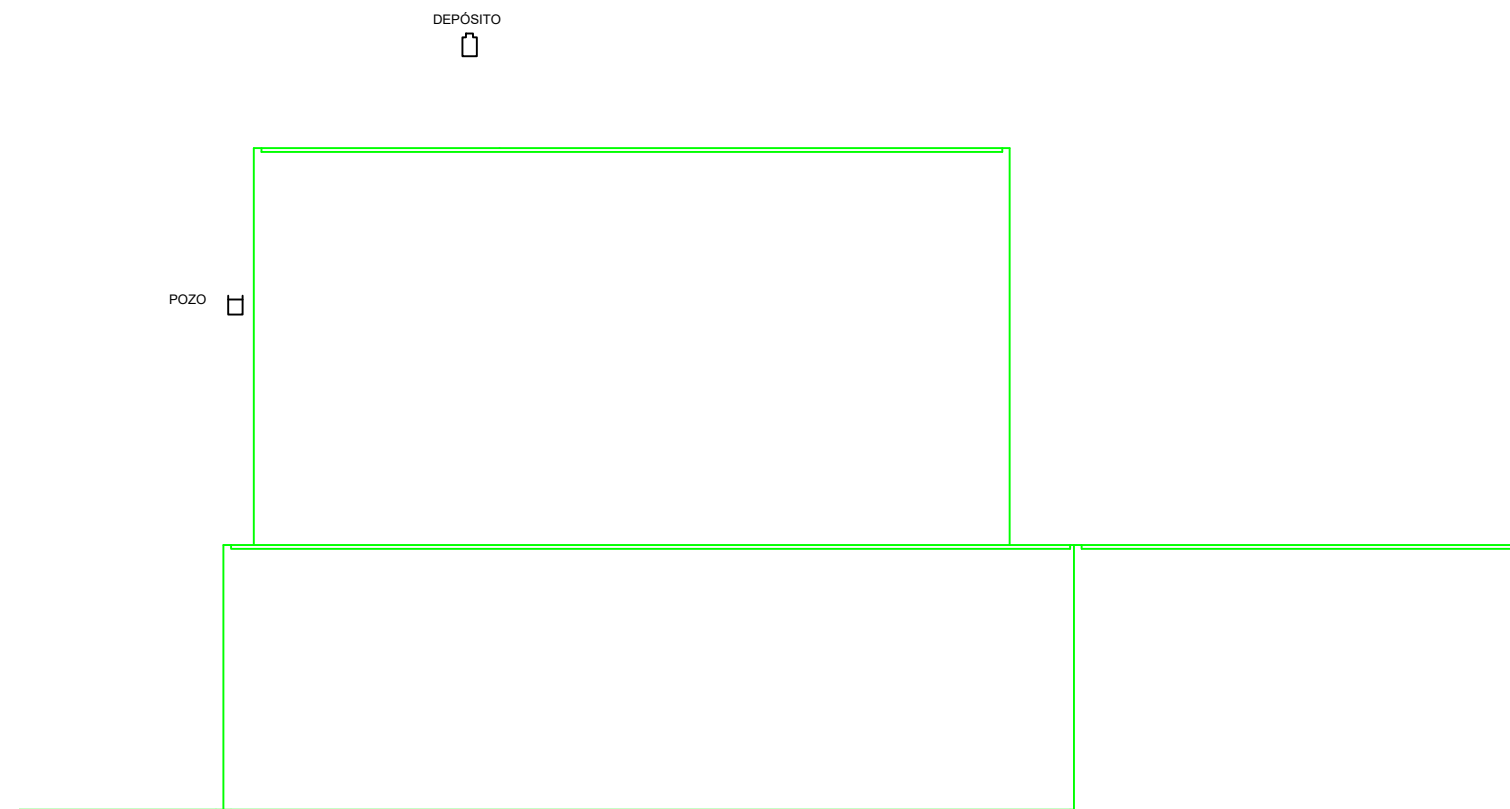
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO DE CULTIVOS			
PLANO: ANEXO I: FINCA			
AUTOR:	OSCAR TENA SALVADOR	ESCALA:	1:1000
		FECHA:	15/11/20
		Nº	79



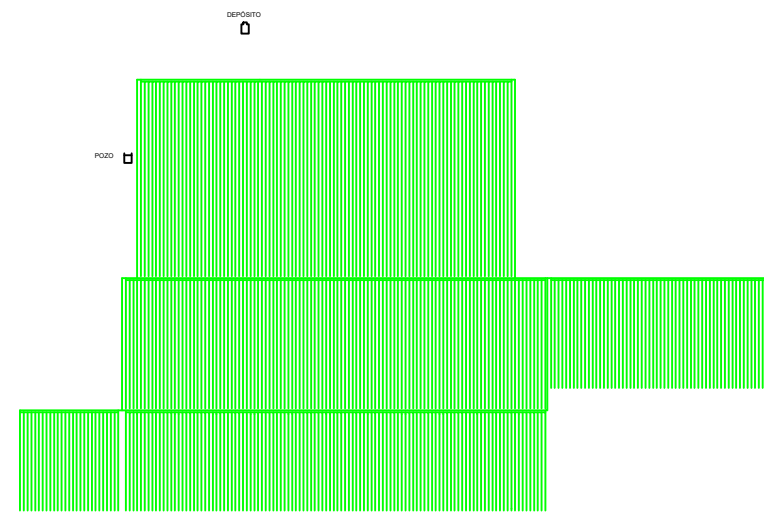
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO DE CULTIVOS			
PLANO: ANEXO II: DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS			
AUTOR:	OSCAR TENA SALVADOR	ESCALA:	1:1000
		FECHA:	15/11/20
		Nº	81



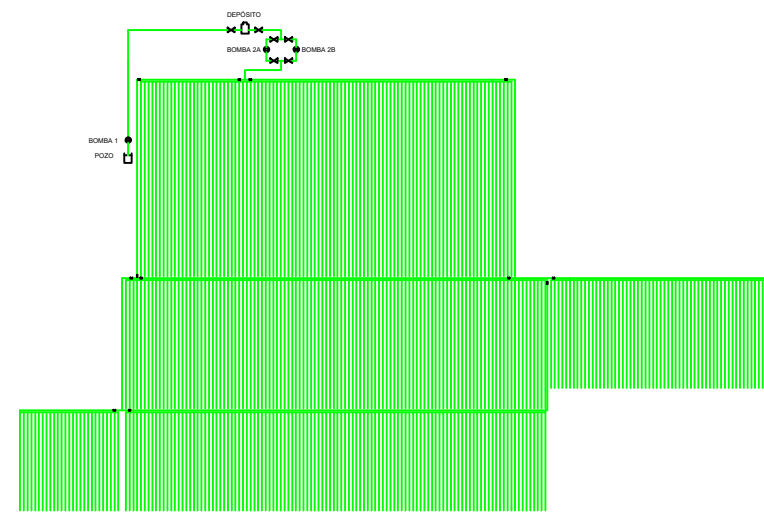
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO DE CULTIVOS			
PLANO: ANEXO III: SUPERFICIES DE MODELADO			
AUTOR:	OSCAR TENA SALVADOR	ESCALA:	1:1000
FECHA:	15/11/20	Nº	83



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO DE CULTIVOS			
PLANO: ANEXO IV: RED DE DISTRIBUCIÓN			
AUTOR:	OSCAR TENA SALVADOR	ESCALA:	1:500
		FECHA:	15/11/20
		Nº	85



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO DE CULTIVOS			
PLANO: ANEXO V: RED DE RIEGO			
AUTOR:	OSCAR TENA SALVADOR	ESCALA:	1:500
		FECHA:	15/11/20
		Nº	87



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA ABASTECIDA POR PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO DE CULTIVOS			
PLANO: ANEXO VI: INSTALACIÓN DE RIEGO			
AUTOR:	OSCAR TENA SALVADOR	ESCALA:	1:500
FECHA:	15/11/20	Nº	89

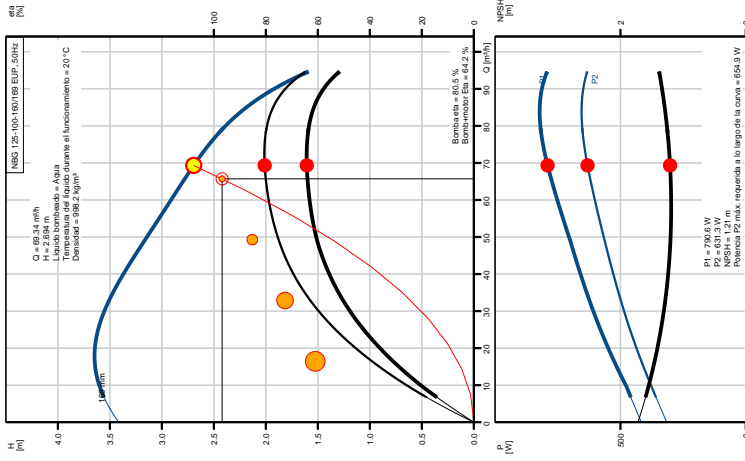
ANEXO VII COMPARATIVA DE BOMBAS DE RIEGO

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Proyecto: Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de
 Código: **APVEX01**

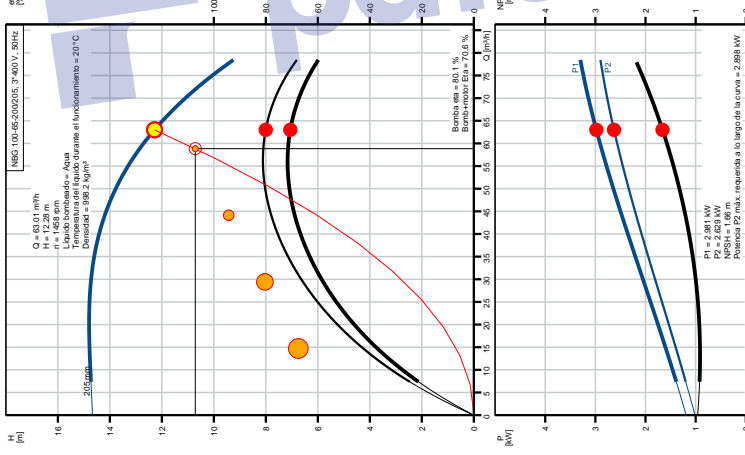
Ciente:
 Nº Cliente:
 Contacto:

Informe comparativo



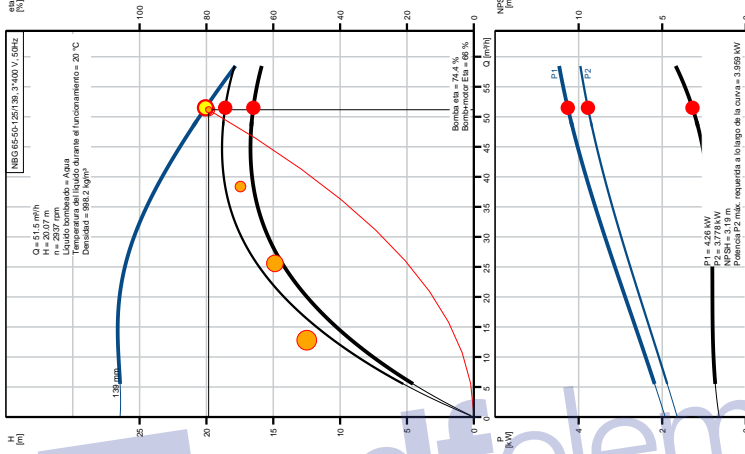
NBG 125-100-160/169 EUP AF2ABAQ
 Código: 98747500

Caudal 69.34 m³/h
 Altura 2.694 m
 Rendimiento 64.2 %
 Cte ciclo vital 24049 EUR / 15 años



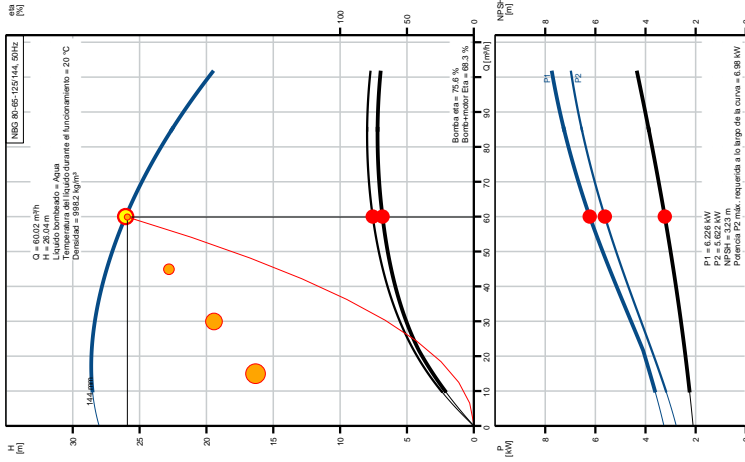
NBG 100-65-200/205 AF2ABAQ
 Código: 97839505

Caudal 63.01 m³/h
 Altura 12.28 m
 Rendimiento 70.6 %
 Cte ciclo vital 72932 EUR / 15 años



NBG 65-50-125/139 AF2ABAQ
 Código: 97839309

Caudal 51.5 m³/h
 Altura 20.07 m
 Rendimiento 66 %
 Cte ciclo vital 111895 EUR / 15 años



NBG 80-65-125/144 AF2ABAQ
 Código: 98306497

Caudal 60.02 m³/h
 Altura 26.04 m
 Rendimiento 68.3 %
 Cte ciclo vital 164251 EUR / 15 años

Proyecto: Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de
Código: AP4EXBS1

Ciente:
Nº Cliente:
Contacto:

Técnico		Técnico		Técnico	
Velocidad predeterminada	945 rpm	Velocidad predeterminada	1440 rpm	Velocidad predeterminada	2920 rpm
Caudal real calculado	69.34 m³/h	Caudal real calculado	63.01 m³/h	Caudal real calculado	51.5 m³/h
Altura resultante de la bomba	2.694 m	Altura resultante de la bomba	12.28 m	Altura resultante de la bomba	20.07 m
Diámetro real del impulsor	169 mm	Diámetro real del impulsor	205 mm	Diámetro real del impulsor	139 mm
Diámetro nominal del impulsor	160	Diámetro nominal del impulsor	200	Diámetro nominal del impulsor	125
Disp. de cierre	Single	Disp. de cierre	Single	Disp. de cierre	Single
Diámetro del eje	32 mm	Diámetro del eje	32 mm	Diámetro del eje	24 mm
Código del cierre	BAQE	Código del cierre	BAQE	Código del cierre	BAQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B2	Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B2	Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B2
Versión de la bomba	A	Versión de la bomba	A	Versión de la bomba	A
Diseño rodamiento	Standard	Diseño rodamiento	Standard	Diseño rodamiento	Standard
Potencia máxima P2 a lo largo de la curva	0.655 kW	Potencia máxima P2 a lo largo de la curva	2.898 kW	Potencia máxima P2 a lo largo de la curva	3.959 kW
Potencia máxima P2 a lo largo de la curva	6.98 kW	Potencia máxima P2 a lo largo de la curva	6.98 kW	Potencia máxima P2 a lo largo de la curva	6.98 kW
Materiales		Materiales		Materiales	
Cuerpo hidráulico	Fundición	Cuerpo hidráulico	Fundición	Cuerpo hidráulico	Fundición
Carcasa de la bomba	ASTM class 35	Carcasa de la bomba	ASTM class 35	Carcasa de la bomba	ASTM class 35
Mat. de anillo de desgaste	Latón	Mat. de anillo de desgaste	Latón	Mat. de anillo de desgaste	Latón
Impulsor	ASTM class 30	Impulsor	ASTM class 30	Impulsor	ASTM class 30
Eje	AISI 304	Eje	AISI 304	Eje	AISI 304
Código de material	A	Código de material	A	Código de material	A
Código para caucho	E	Código para caucho	E	Código para caucho	E
Instalación		Instalación		Instalación	
Maximum ambient temperature	55 °C	Maximum ambient temperature	60 °C	Maximum ambient temperature	55 °C
Presión de trabajo máxima	16 bar	Presión de trabajo máxima	16 bar	Presión de trabajo máxima	16 bar
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2	Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2	Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada	DN 125	Tamaño de la conexión de entrada	DN 100	Tamaño de la conexión de entrada	DN 80
Tamaño de la conexión de salida	DN 100	Tamaño de la conexión de salida	DN 65	Tamaño de la conexión de salida	DN 65
Presión nominal para la conexión	PN 16	Presión nominal para la conexión	PN 16	Presión nominal para la conexión	PN 16

Proyecto: Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de
Código: AP4EXBS1

Ciente:
Nº Cliente:
Contacto:

Carcasa de bomba con pie Yes	Carcasa de bomba con pie Yes	Carcasa de bomba con pie Yes	Carcasa de bomba con pie Yes
Bloque de soporte N	Bloque de soporte N	Bloque de soporte N	Bloque de soporte N
Código de conexión F2	Código de conexión F2	Código de conexión F2	Código de conexión F2
Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Líquido bombeado Agua	Líquido bombeado Agua	Líquido bombeado Agua	Líquido bombeado Agua
Rango de temperatura del líquido 0..120 °C	Rango de temperatura del líquido 0..120 °C	Rango de temperatura del líquido 0..120 °C	Rango de temperatura del líquido 0..120 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento 20 °C	Temperatura del líquido durante el funcionamiento 20 °C	Temperatura del líquido durante el funcionamiento 20 °C	Temperatura del líquido durante el funcionamiento 20 °C
Densidad 998.2 kg/m³	Densidad 998.2 kg/m³	Densidad 998.2 kg/m³	Densidad 998.2 kg/m³
Viscosidad cinemática 1 mm2/s	Viscosidad cinemática 1 mm2/s	Viscosidad cinemática 1 mm2/s	Viscosidad cinemática 1 mm2/s

Datos eléctricos

Tipo de motor SIEMENS	Tipo de motor 100LC	Tipo de motor 112MC	Tipo de motor SIEMENS
Clase eficiencia IE IE3	Clase eficiencia IE IE3	Clase eficiencia IE IE3	Clase eficiencia IE IE3
Potencia nominal - P2 0.75 kW	Potencia nominal - P2 3 kW	Potencia nominal - P2 4 kW	Potencia nominal - P2 7.5 kW
Frecuencia de red 50 Hz	Frecuencia de red 50 Hz	Frecuencia de red 50 Hz	Frecuencia de red 50 Hz
Tensión nominal 3 x 220-240D/380-420Y V	Tensión nominal 3 x 220-240D/380-415Y V	Tensión nominal 3 x 380-415D V	Tensión nominal 3 x 380-420D/660-725Y V
Intensidad nominal 3.45-3.40/2.00-1.96 A	Intensidad nominal 11.0/6.30 A	Intensidad nominal 7.9 A	Intensidad nominal 13.8-12.4/9.00-7.20 A
Intensidad de arranque 460-460 %	Intensidad de arranque 700-770 %	Intensidad de arranque 1000-1110 %	Intensidad de arranque 830-830 %
Cos phi - factor de potencia 0.7	Cos phi - factor de potencia 0.82-0.76	Cos phi - factor de potencia 0.87-0.87	Cos phi - factor de potencia 0.92
Velocidad nominal 945 rpm	Velocidad nominal 1440-1450 rpm	Velocidad nominal 2920-2940 rpm	Velocidad nominal 2950 rpm
Eficiencia IE3 78.9%	Eficiencia IE3 87.7%	Eficiencia IE3 88.1%	Eficiencia IE3 90.1%
Eficiencia del motor a carga total 78.9-78.9 %	Eficiencia del motor a carga total 87.7 %	Eficiencia del motor a carga total 88.1 %	Eficiencia del motor a carga total 90.1-90.1 %
Eficiencia del motor a una carga de 3/4 80.4-80.4 %	Eficiencia del motor a una carga de 3/4 86 %	Eficiencia del motor a una carga de 3/4 88.6 %	Eficiencia del motor a una carga de 3/4 90.3-90.3 %
Eficiencia del motor a una carga de 1/2 79.0-79.0 %	Eficiencia del motor a una carga de 1/2 84.5 %	Eficiencia del motor a una carga de 1/2 85.2 %	Eficiencia del motor a una carga de 1/2 91.6-91.6 %
Número de polos 6	Número de polos 4	Número de polos 2	Número de polos 2
Grado de protección (IEC 34-5) IP55	Grado de protección (IEC 34-5) 55 Dust/Jetting	Grado de protección (IEC 34-5) 55 Dust/Jetting	Grado de protección (IEC 34-5) IP55
Clase de aislamiento (IEC 85) F	Clase de aislamiento (IEC 85) F	Clase de aislamiento (IEC 85) F	Clase de aislamiento (IEC 85) F

Datos eléctricos

Tipo de motor NINGUNA	Tipo de motor PTC	Tipo de motor PTC	Tipo de motor PTC
Motor N.º 83W02204	Motor N.º 87274228	Motor N.º 87322303	Motor N.º 83U15222
Diseño del montaje según norma CEI 34-7 IM B5	Diseño del montaje según norma CEI 34-7 IM V1/B5	Diseño del montaje según norma CEI 34-7 IM V1/B5	Diseño del montaje según norma CEI 34-7 IM V1/B5

Proyecto: Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de
Código: AP4EX851

Ciente:
Nº Cliente:
Contacto:

Paneles control

Convertidor de frecuencia
NONE

Sensor de presión N

Otros

Índice de eficiencia mínima, IE min
0.70

Peso neto 81 kg

Peso bruto 98 kg

Volumen de transporte 0.315 m³

País de origen. HU

Tarifa personalizada n.º 84137051

Paneles control

Convertidor de frecuencia
NONE

Sensor de presión N

Otros

Índice de eficiencia mínima, IE min
0.70

Peso neto 82 kg

Peso bruto 99 kg

Volumen de transporte 0.315 m³

País de origen. HU

Tarifa personalizada n.º 84137051

Paneles control

Convertidor de frecuencia
NONE

Sensor de presión N

Otros

Índice de eficiencia mínima, IE min
0.70

Peso neto 66 kg

Peso bruto 76 kg

Volumen de transporte 0.178 m³

País de origen. HU

Tarifa personalizada n.º 84137051

Paneles control

Convertidor de frecuencia
NONE

Sensor de presión N

Otros

Índice de eficiencia mínima, IE min
0.64

Peso neto 100 kg

Peso bruto 121 kg

Volumen de transporte 0.509 m³

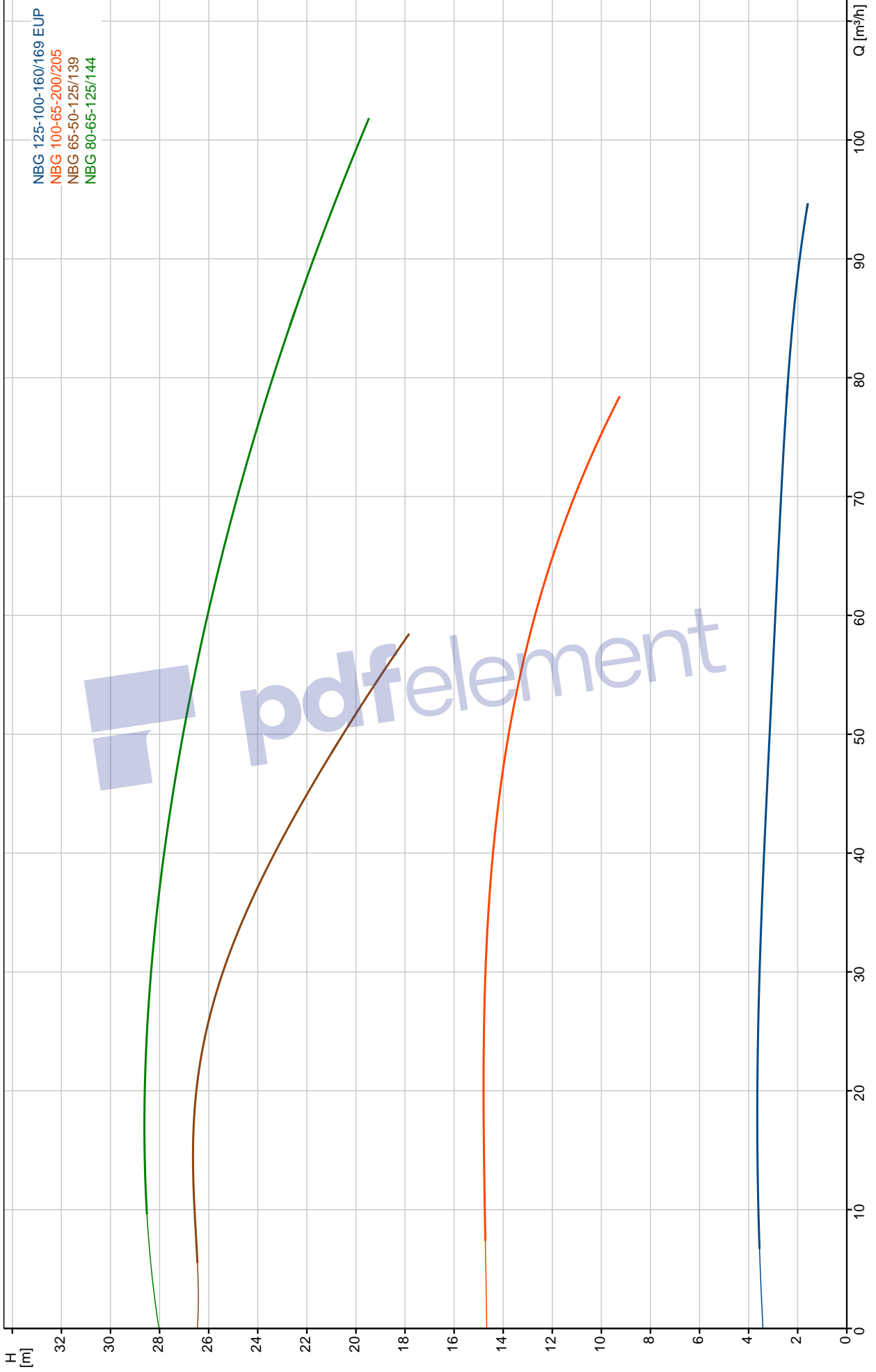
País de origen. HU

Tarifa personalizada n.º 84137051



Proyecto: Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de
Código: APH18E91

Ciente:
Nº Cliente:
Contacto:



ANEXO VIII VARIADOR DE FRECUENCIA

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Hoja de características del producto

Características

ATV930D22N4

Variador de velocidad-ATV930-22kW-400/480V-
con unidad de frenado-IP21



Principal

Gama de producto	Altivar Process ATV900
Tipo de producto o componente	Variador de velocidad
Aplicación del dispositivo	Aplicación industrial
Nombre corto del dispositivo	ATV930
Variante	Versión estándar Con interruptor de frenado
Destino del producto	Motores asíncronos Motores síncronos
Tipo de montaje	Montaje en pared
Filtro CEM	Integrado acorde a EN/IEC 61800-3 categoría C2 con capacidad de sujeción: 50 m máxima corriente de conmutación Integrado de acuerdo con EN/IEC 61800-3 categoría C3 con 150 m motor cable maxi
Grado de protección IP	IP21 de acuerdo con IEC 61800-5-1 IP21 de acuerdo con IEC 60529
Grado de protección IP	UL type 1 de acuerdo con UL 508C
Tipo de refrigeración	Convenc forzada
Frecuencia de alimentación	50...60 Hz (+/- 5 %)
Número de red de fases	3 fases
[Us] tensión de alimentación asignada	380...480 V (- 15...10 %)
Potencia del motor en kW	22 kW (carga normal) 18,5 kW (carga pesada)
Potencia del motor en HP	30 hp (carga normal) 25 hp (carga pesada)
Corriente de línea	39,6 A en 380 V (carga normal) 34,4 A en 480 V (carga normal) 34,1 A en 380 V (carga pesada) 29,9 A en 480 V (carga pesada)
Corriente de cortocircuito de la red	50 kA
Potencia aparente	28,6 kVA en 480 V (carga normal) 24,9 kVA en 480 V (carga pesada)
Corriente de salida en continuo	46,3 A en 4 kHz (carga normal)

	39,2 A en 4 kHz (carga pesada)
Máxima corriente transitoria	58,8 A durabilidad eléctrica 60 s (carga pesada) 55,6 A durabilidad eléctrica 60 s (carga normal)
Perfil de control de motor asíncrono	Estándar de par constante Par variable estándar Modo óptimo para el par
Perfil de control de motor síncrono	Motor de imanes permanentes
Rango de frecuencias de salida	0,1...599 Hz
Frecuencia de conmutación nominal	4 kHz
Frecuencia de conmutación	2...16 kHz regulable 4...16 kHz con factor de desclasificación de la capacidad
Función de seguridad	STO (par seguro desactivado) SIL 3
Lógica de entrada digital	16 velocidades preestablecidas
Protocolo del puerto de comunicación	Ethernet/IP Serie Modbus Modbus TCP
Tarjeta opcional	Espacio A (pedido por separado) módulo de conmutación para Profibus DP V1 Slot A : communication module para Profinet Slot A : communication module para DeviceNet Slot A : communication module para encadenamiento CANopen RJ45 Slot A : communication module para CANopen SUB-D 9 Slot A : communication module para CANopen screw terminals Espacio A (pedido por separado) módulo de conmutación para EtherCAT Slot A/slot B/slot C : digital and analog I/O extension module Slot A/slot B/slot C : output relay extension module Slot B : 5/12 V digital encoder interface module Slot B : analog encoder interface module Slot B : resolver encoder interface module

Complementario

Tensión de salida	<= de la potencia de la tensión de alimentación
Compensación desliz, motor	Regulable Automático sea cual sea la carga Se puede suprimir No disponible en motores de imanes permanentes
Rampas de aceleración y deceleración	Líneal ajustable por separado de 0,01...9999 s
Frenado hasta parada	Mediante inyección de CC
Tipo de protección	Motor (pedido por separado) protección térmica Motor : safe torque off Motor : interrupt fase motor Variador de velocidad : protección térmica Variador de velocidad : safe torque off Variador de velocidad : overheating Variador de velocidad : sobreintensidad entre fases de salida y tierra Variador de velocidad (pedido por separado) tensión de salida de sobrecarga Variador de velocidad : protección contra cortocircuitos Variador de velocidad : interrupt fase motor Variador de velocidad (pedido por separado) sobretensiones en bus CC Variador de velocidad : sobretensión en la línea de alimentación Variador de velocidad : Subtensión de la línea de alimentación Variador de velocidad : perda de fase na alimentação da linha Variador de velocidad : overspeed Variador de velocidad : interrupc en circuito control
Resolución de frecuencia	Unidad visualización (pedido por separado) 0,1 Hz Entrada analóg. : 0.012/50 Hz
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	Motor, terminal de tornillo (pedido por separado) 16 mm ² (AWG 6) De lado, terminal de tornillo (pedido por separado) 10...16 mm ² (AWG 8...AWG 6) Control, terminal de tornillo (pedido por separado) 0,5...1,5 mm ² (AWG 20...AWG 16) DC bus, terminal de tornillo : 10...16 mm ² (AWG 8...AWG 6)
Tipo de conector	2 RJ45 (on the control block) para Ethernet IP/Modbus TCP 1 RJ45 (on the control block) para serie Modbus
Interfaz física	RS 485 de dos hilos para serie Modbus
Marco de transmisión	RTU para serie Modbus
Velocidad de transmisión	10/100 Mbit/s para Ethernet IP/Modbus TCP

	4,8, 9,6, 19,2, 38,4 kbit/s for serie Modbus
Bloqueo estándar	Autonegociación, dúplex total, dúplex medio para Ethernet IP/Modbus TCP
Formato de los datos	8 bits, configurable odd, even or no parity para serie Modbus
Tipo de polarización	Sin impedancia para serie Modbus
Número de direcciones	1...247 para serie Modbus
Método de acceso	Esclavo para Modbus TCP
Suministro	Alimentación externa para entradas digitales (pedido por separado)24 V DC (19...30 V) de acuerdo a $\leq 1,25$ mA (protección de sobrecarga y cortocircuito) Alimentación interna para potenciómetro de referencia (1-10 kOhmios) (pedido por separado)10,5 V DC +/- 5 % de acuerdo a ≤ 10 mA (protección de sobrecarga y cortocircuito) Internal supply for digital inputs and STO : 24 V CC (21...27 V) current ≤ 200 mA (protección de sobrecarga y cortocircuito)
Señalizaciones en local	3 mono/dual color LED para diagnóstico local 5 color dual LED para estado de comunicación integrado 2 color dual LED para estado del módulo de comunicación 1 rojo LED para presencia de tensión
Anchura	211 mm
Altura	545,9 mm
Profundidad	235 mm
Peso del producto	14,3 kg
Número de entrada analógica	3
Tipo de entrada analógica	Tensión configurable por software AI1, AI2, AI3 (pedido por separado)0...10 V CC frecuencia de cambio 30 kOhm, impedancia 12 bits Corriente configurable por software AI1, AI2, AI3 (pedido por separado)0...20 mA/4...20 mA frecuencia de cambio 250 Ohm, impedancia 12 bits
Número de entrada digital	10
Entrada discreta	Programable DI1...DI8 (pedido por separado)24 V CC (≤ 30 V) frecuencia de cambio 3,5 kOhm Programmable as pulse input DI7, DI8 0...30 kHz : 24 V CC (≤ 30 V) Safe torque off STOA, STOB : 24 V CC (≤ 30 V) impedance > 2.2 kOhm
Fase marcador	Entr. discreta STOA, STOB : PLC niv 1 de acuerdo con EN/IEC 61131-2 Entr, discreta DI1...DI8 (pedido por separado)PLC niv 1 acorde a EN/IEC 61131-2 Pulse input DI7, DI8 : PLC niv 1 de acuerdo con IEC 65A-68
Número de salida analógica	2
Número de salida digital	2
Salida discreta	Salida lógica DQ+ : 0...1 kHz (≤ 30 V) CC, < 100 mA Programmable as pulse output DQ+ : 0...30 kHz (≤ 30 V) CC, < 20 mA Salida lógica DQ- : 0...1 kHz (≤ 30 V) CC, < 100 mA
Duración de muestreo	Entr, discreta DI1...DI8 (pedido por separado)2 ms (+/- 0,5 ms) Pulse input DI7, DI8 : 5 ms (+/- 1 ms) Entrada analógica AI1, AI2, AI3 : 1 ms (+/- 1 ms) Salida analógica AQ1, AQ2 : 5 ms (+/- 1 ms)
Precisión	Entrada analógica AI1, AI2, AI3 (pedido por separado)+/- 2 % para variación temperatura 60 °C Salida analógica AQ1, AQ2 (pedido por separado)+/- 1 ° para variación temperatura 60 °C
Error lineal	Entrada analógica AI1, AI2, AI3 : +/-0,15% del valor máximo Saída analógica AQ1, AQ2 : +/-0.2 %
Intensidad de conmutación máxima	Salida de relé R1 sobre inductivo carg (cos phi = 0.4 y L/R = 7 ms) : 2 A en 250 V CA Salida de relé R1 sobre inductivo carg (cos phi = 0.4 y L/R = 7 ms) : 2 A en 30 V CC Salida de relé R2, R3 sobre inductivo carg (cos phi = 0.4 y L/R = 7 ms) : 2 A en 250 V CA Salida de relé R2, R3 sobre inductivo carg (cos phi = 0.4 y L/R = 7 ms) : 2 A en 30 V CC Salida de relé R1 en resistivo cables para (1(cos phi = 3 A en 250 V CA Salida de relé R1 sobre resistivo carg (cos phi = 1) : 3 A en 30 V CC Salida de relé R2, R3 sobre resistivo carg (cos phi = 1) : 5 A en 250 V CA Salida de relé R2, R3 sobre resistivo carg (cos phi = 1) : 5 A en 30 V CC
Número de salidas relé	3
Tipo de salida de relé	Lógica relé configurable R1 (pedido por separado)fallo relé NA/NC de acuerdo con 100000 ciclos Lógica relé configurable R2 : relé de secuencia NA electrical durability 1000000 ciclos Lógica relé configurable R3 : relé de secuencia NA electrical durability 1000000 ciclos
Tiempo de actualización	Salida de relé R1, R2, R3 (pedido por separado)5 ms (+/- 0,5 ms)
Corriente mínima de conmutación	Salida de relé R1, R2, R3 (pedido por separado)5 mA en 24 V CC
Aislamiento	Aislamiento galvánico entre terminales de alimentación y control
Aplicación específica	Proceso
Grado de protección IP	IP21

Entorno

Resistencia de aislamiento	> 1 mOhm en 500 V CC para 1 minuto a tierra
Nivel de ruido	59,5 dB acorde a 86/188/EEC
Potencia disipada en W	68 W (conven natural) en 380 V extremo de cable 4 kHz 505 W (convenc forzada) en 380 V extremo de cable 4 kHz
Resistencia a las vibraciones	1,5 mm pico a pico (f = 2...13 Hz) de acuerdo con IEC 60068-2-6 1 gn (estado 1) 13...200 Hz acorde a IEC 60068-2-6
Resistencia a los choques	15 gn durante 11 ms de acuerdo con IEC 60068-2-27
Volumen de aire frío	215 m3/h
Posición de funcionamiento	Vertical +/- 10 grados
THDI	<= 48 % from 80...100 % of load de acuerdo con IEC 61000-3-12
Compatibilidad electromagnética	Prueba de inmunidad de pico de tensión 1,2/50 µs - 8/20 µs nivel_3 de acuerdo con IEC 61000-4-5 Prueba de inmunidad oscilatoria/ráfagas eléctrica nivel_4 de acuerdo con IEC 61000-4-4 Prueba de inmunidad de descarga electrostática nivel_3 de acuerdo con IEC 61000-4-2 Prueba de inmunidad de la radiofrecuencia radiada del campo electromagnético nivel_3 de acuerdo con IEC 61000-4-3 Prueba de inmunidad de radio frecuencia conducida nivel_3 acorde a IEC 61000-4-6
Grado de contaminación	2 EN/IEC 61800-5-1
Características ambientales	Resistente en ambientes químicos clase 3C3 acorde a EN/IEC 60721-3-3 Resistente en ambientes con polvo clase 3S3 conforming to EN/IEC 60721-3-3
Humedad relativa	5...95 % sin condensación acorde a IEC 60068-2-3
Temperatura ambiente de funcionamiento	-15...50 °C sin desclasificación 50...60 °C con factor de desclasificación de la capacidad
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C
Altitud máxima de funcionamiento	1000...4800 m con desclasificación de corriente del 1% por 100 m <= 1000 m sin desclasificación
Normas	EN/IEC 61800-3 UL 508C EN/IEC 61800-5-1 IEC 61000-3-12 IEC 60721-3 IEC 61508 IEC 13849-1 EN/IEC 61800-3 (entorno 2 categoría C2) EN/IEC 61800-3 (entorno 3 categoría C3)
Certificaciones de producto	CSA TÜV UL REACH
Marcado	CE

Sostenibilidad de la oferta

Estado de la oferta sostenible	Producto Green Premium
RoHS (código de fecha: AASS)	Conforme - desde 1526 - Declaración de conformidad de Schneider Electric Declaración de conformidad de Schneider Electric
REACH	La referencia no contiene SVHC La referencia no contiene SVHC
Perfil ambiental del producto	Disponible Perfil medioambiental
Instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto	DISPONIBLE Manual de gestión residuos

Hoja de características del producto

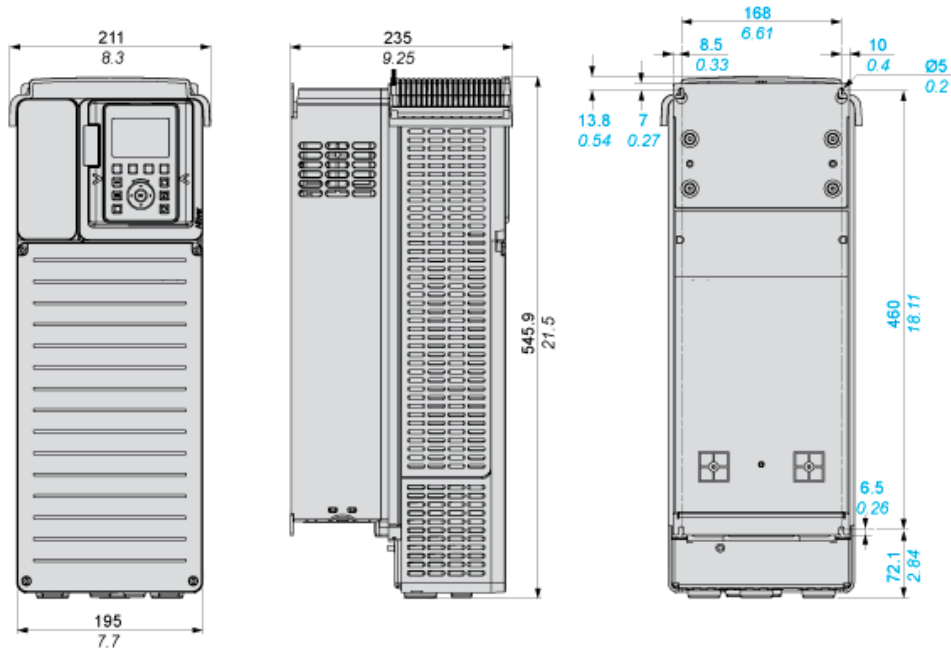
ATV930D22N4

Esquemas de dimensiones

Dimensiones

Vistas: Frontal - Izquierda - Posterior

mm
in.

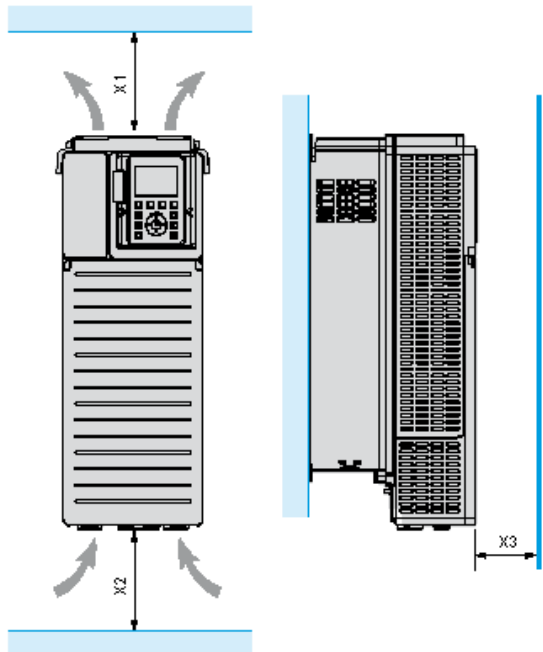


Hoja de características del producto

ATV930D22N4

Montaje y aislamiento

Clearances



X1	X2	X3
≥ 100 mm (3.94 in.)	≥ 100 mm (3.94 in.)	≥ 10 mm (0.39 in.)

- Mount the device in a vertical position ($\pm 10^\circ$). This is required for cooling the device.
- Do not mount the device close to heat sources.
- Leave sufficient free space so that the air required for cooling purposes can circulate from the bottom to the top of the drive.

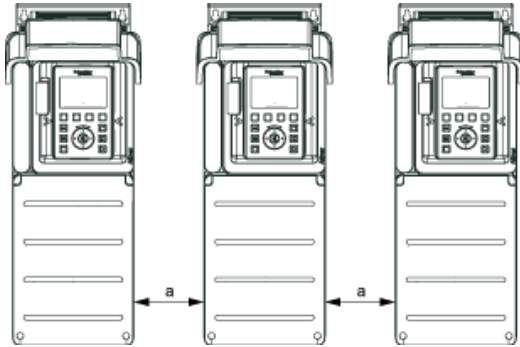
Hoja de características del producto

ATV930D22N4

Montaje y aislamiento

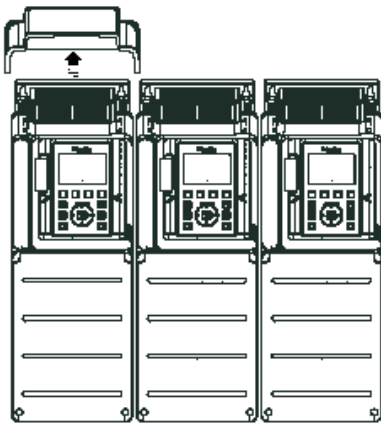
Tipos de montaje

Tipo de montaje A: IP21 individual

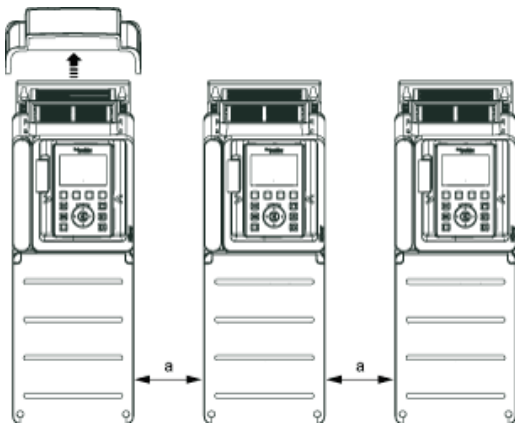


$a \geq 100 \text{ mm (3.94 in)}$

Tipo de montaje B: IP20 lado a lado



Tipo de montaje C: IP20 individual



$a \geq 0$

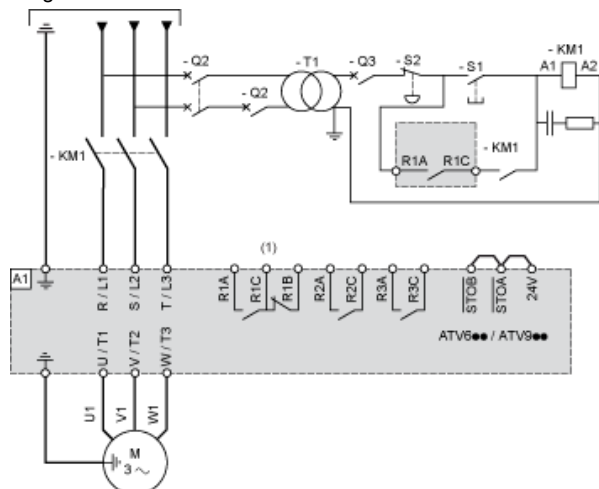
Hoja de características del producto

ATV930D22N4

Conexiones y esquema

Alimentación monofásica o trifásica con interrupción aguas arriba a través de contactor de línea

Diagramas de conexión conforme a las normas EN 954-1 categoría 1 e IEC/EN 61508 capacidad SIL1, categoría de parada 0 según la norma IEC/EN 60204-1



- (1) Utilice la salida digital R1 fijada en el estado de funcionamiento de fallo para apagar el producto cuando se detecte un error.
- A1: Unidad
- KM1: Contactor de línea
- Q2, Q3: Interruptores automáticos
- S1, S2: Pulsadores
- T1: Transformador para bloque de control

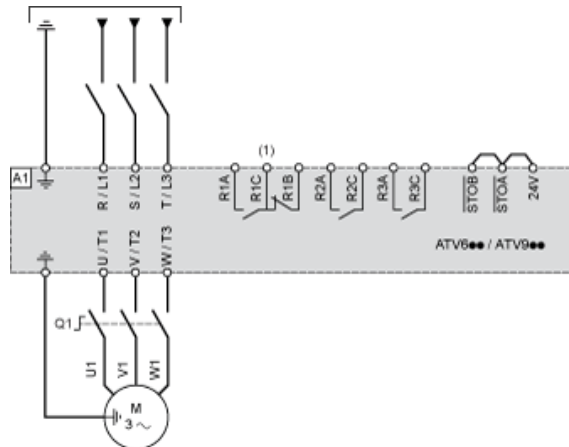
Hoja de características del producto

ATV930D22N4

Conexiones y esquema

Alimentación monofásica o trifásica con interrupción aguas abajo a través de interruptor-seccionador

Diagramas de conexión conforme a las normas EN 954-1 categoría 1 e IEC/EN 61508 capacidad SIL1, categoría de parada 0 según la norma IEC/EN 60204-



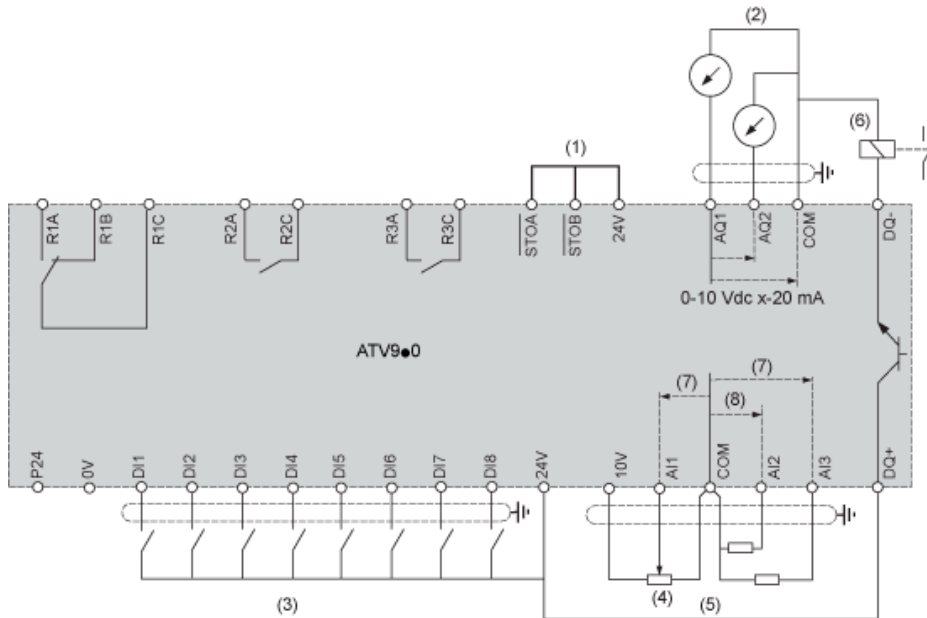
- (1) Utilice la salida digital R1 fijada en el estado de funcionamiento de fallo para apagar el producto cuando se detecte un error.
A1: Unidad
Q1: Interruptor-seccionador

Hoja de características del producto

ATV930D22N4

Conexiones y esquema

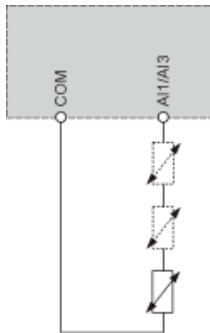
Diagrama de cableado del bloque de control



- (1) Safe Torque Off
- (2) Salida analógica
- (3) Entrada digital
- (4) Potenciómetro de referencia
- (5) Entrada analógica
- (6) Salida digital
- (7) 0-10 V CC, x-20 mA
- (8) 0-10 V CC, de -10 V CC a +10 V CC

R1A, R1B Relé de fallos
R2A, R2C Relé de secuencia
R3A, R3C Relé de secuencia

Conexión de sensores



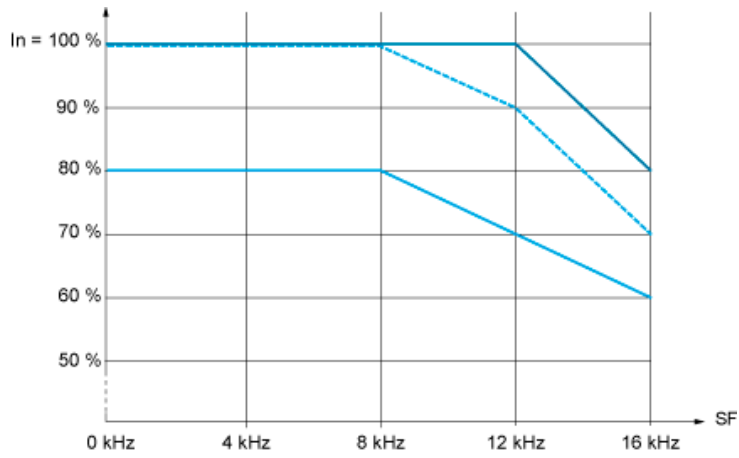
Es posible conectar 1 o 3 sensores a los terminales AI1 o AI3

Hoja de características del producto

ATV930D22N4

Curvas de rendimiento

Curvas de desclasificación



- 40 °C (104 °F) - Tipo de montaje A, B y C
 - - - 50 °C (122 °F) - Tipo de montaje A, B y C
 - 60 °C (140 °F) - Tipo de montaje B y C
- In: Corriente nominal del variador
SF: Frecuencia de conmutación

ANEXO IX DATOS MENSUALES DE IRRADIANCIA

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Datos mensuales de irradiación

PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

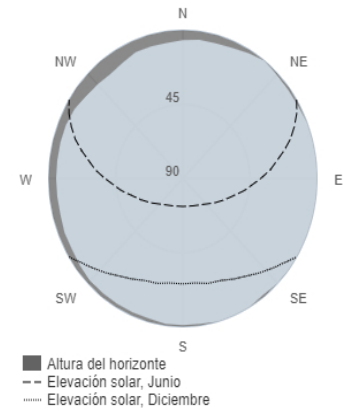
Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 40.190, -0.155
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH
 Año inicial: 2005
 Año final: 2016

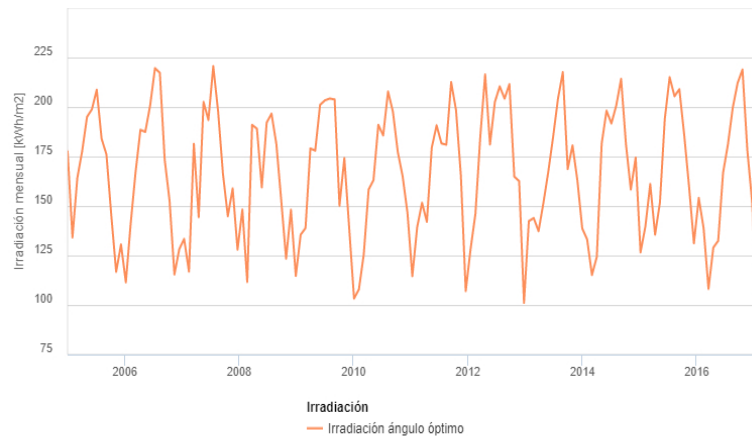
Variables incluidas en este informe:

Irradiación global horizontal: No
 Irradiación directa normal: No
 Irradiación global con el ángulo óptimo: Si
 Irradiación global con el ángulo °: No
 Ratio difusa/global: No
 Temperatura media: No

Perfil del horizonte:



Irradiación solar mensual



Global irradiation optimum angle

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	177.59	111.46	133.36	148.19	135.52	107.89	139.35	146.09	143.91	115.17	161.11	108.17
Febrero	134.12	141.26	116.88	111.65	138.83	125.55	151.6	185.01	137.3	124.31	135.55	129.02
Marzo	164.16	167.08	181.39	190.96	179.06	158.31	142.02	216.45	151.55	181.46	151.8	132.44
Abril	177.69	188.47	144.43	189.03	177.97	163.04	179.45	181.08	167.21	198.13	193.99	166.72
Mayo	195.03	187.42	202.56	159.41	201.08	190.95	190.73	202.5	184.92	191.69	215.05	181.04
Junio	198.8	200.74	193.44	192.09	203.35	185.68	181.61	210.39	204.17	200.72	205.44	199.65
Julio	208.71	219.59	220.64	196.62	204.27	207.83	180.98	204.25	217.59	214.2	208.98	212.14
Agosto	183.98	217.27	197.72	181.24	203.8	197.67	212.58	211.53	168.66	181.2	185.9	218.87
Septiembre	176.04	173.33	166.13	152.85	150.17	177.41	198.47	164.84	180.58	158.32	159.78	178.19
Octubre	145.24	152.68	144.87	123.43	174.19	165.06	165.43	162.57	162.91	174.43	131.2	151.74
Noviembre	116.77	115.44	158.87	148.09	138.8	146.53	107.02	101.06	138.68	126.59	154.07	106.49
Diciembre	130.57	128.23	128	114.67	103.27	114.55	128.25	142.39	133.23	139.62	138.73	109.72

ANEXO X DATOS DIARIOS DE IRRADIANCIA

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

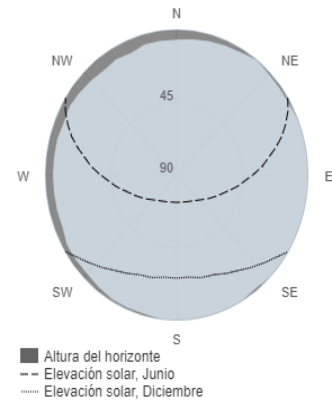
Datos diarios de irradiancia

PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

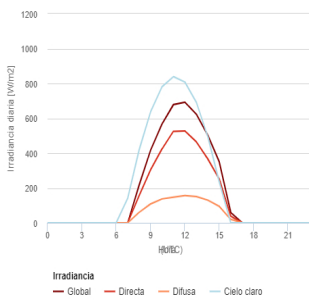
Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 40.188, -0.157
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH
 Mes: Diciembre

Perfil del horizonte:



Irradiancia media diaria sobre plano fijo con una inclinación 38° and azimuth 0°



Irradiancia media diaria sobre plano fijo

Hora	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
G(j)	0	0	0	0	0	0	0	0	217	417	568	679	692	622	502	349	59	0	0	0	0	0	0	0
Gb(i)	0	0	0	0	0	0	0	0	156	304	424	525	527	464	367	252	38	0	0	0	0	0	0	0
Gd(i)	0	0	0	0	0	0	0	0	60	108	137	147	156	150	130	94	20	0	0	0	0	0	0	0
Gcs(i)	0	0	0	0	0	0	0	141	420	637	781	839	808	690	494	235	0	0	0	0	0	0	0	0

G(j): Irradiancia global sobre plano fijo [W/m²].
 Gb(i): Irradiancia directa sobre plano fijo [W/m²].
 Gd(i): Irradiancia difusa sobre plano fijo [W/m²].
 Gcs(i): Irradiancia global cielo claro sobre plano fijo [W/m²].

ANEXO XI PANELES FOTOVOLTAICOS

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

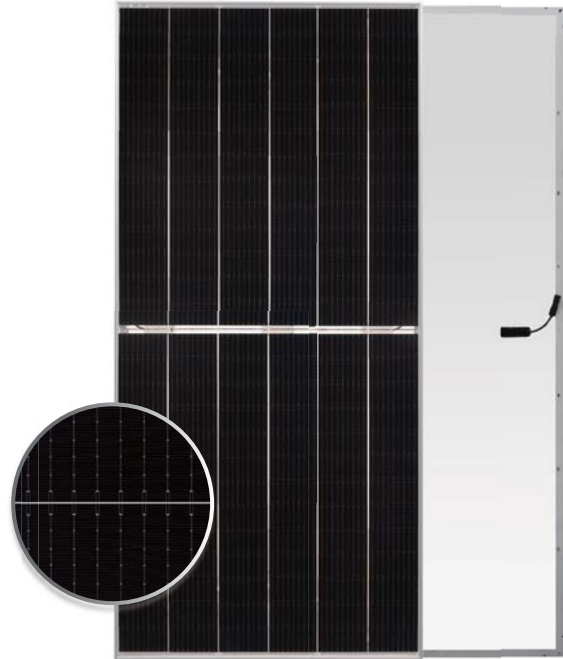
Tiger Mono-facial 440-460 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory

IEC61215, IEC61730 certified product



KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 20.78%)



9BB instead of 5BB

9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2.5% first year degradation,
0.6% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty,
25 year linear power warranty



Reduce Hot-spot issues

TR technology reduced the cell current in both bus bars and finger grid line to reduce hot-spot issues

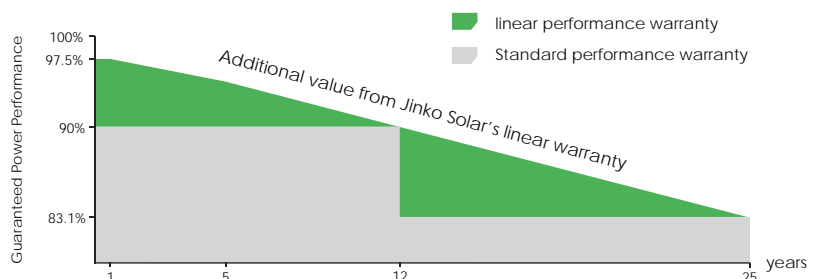


Avoid debris, cracks and broken gate risk effectively

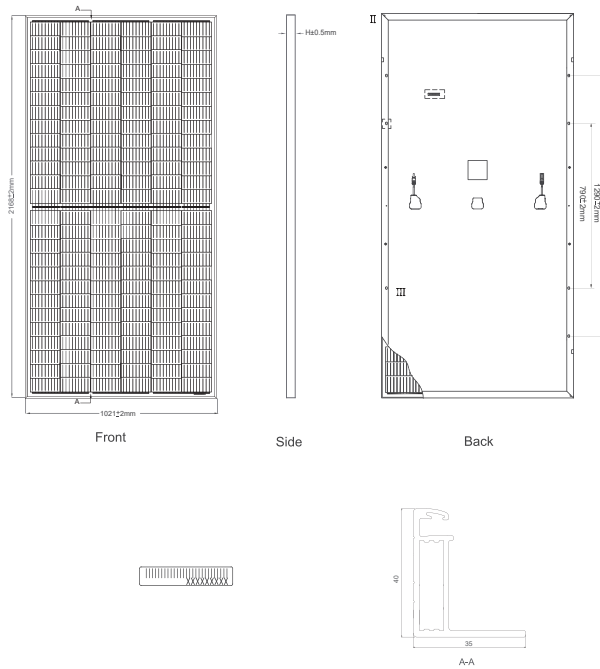
9BB technology using round wire ribbon that could avoid debris cracks and broken gate risk effectively

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.6% Annual Degradation Over 25 years



Engineering Drawings

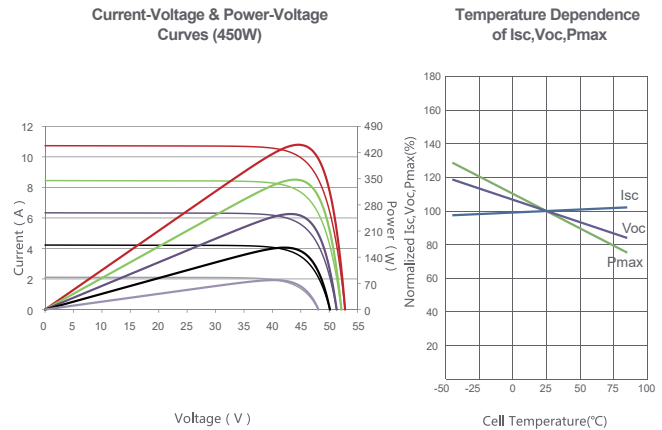


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

27pcs/pallets, 54pcs/stack, 540pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2168×1021×40mm (85.35×40.20×1.57 inch)
Weight	25.4 kg (56.0 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM440M-7RL3-V		JKM445M-7RL3-V		JKM450M-7RL3-V		JKM455M-7RL3-V		JKM460M-7RL3-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	440Wp	327Wp	445Wp	330Wp	450Wp	334Wp	455Wp	338Wp	460Wp	342Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.66V	40.08V	43.73V	40.29V	43.82V	40.54V	43.90V	40.70V	44.02V	41.00V
Maximum Power Current (Imp)	10.08A	8.15A	10.18A	8.20A	10.27A	8.24A	10.37A	8.30A	10.45A	8.33A
Open-circuit Voltage (Voc)	52.38V	49.34V	52.48V	49.43V	52.58V	49.52V	52.68V	49.62V	52.78V	49.71V
Short-circuit Current (Isc)	10.77A	8.70A	10.82A	8.74A	10.87A	8.78A	10.92A	8.82A	10.97A	8.86A
Module Efficiency STC (%)	19.88%		20.10%		20.33%		20.56%		20.78%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.36%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

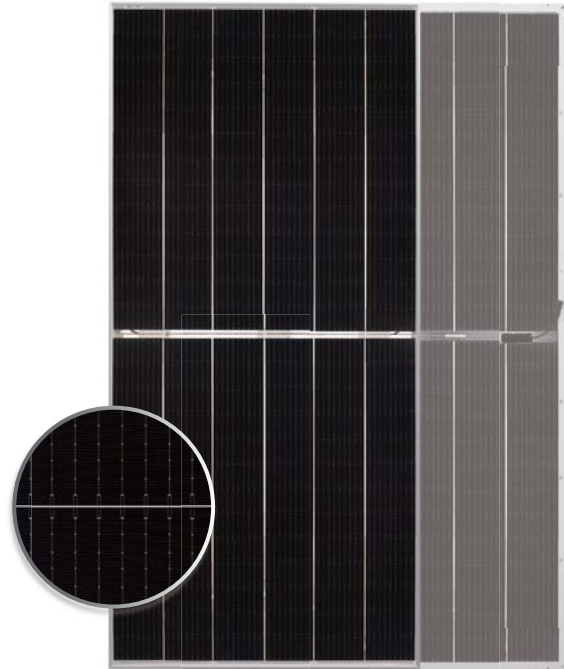
Tiger Bifacial 440-460 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory

IEC61215, IEC61730 certified product



KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (bi-facial up to 20.28%)



9BB instead of 5BB

9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2.5% first year degradation, 0.55% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty, 30 year linear power warranty



Reduce Hot-spot issues

TR technology reduced the cell current in both bus bars and finger grid line to reduce hot-spot issues

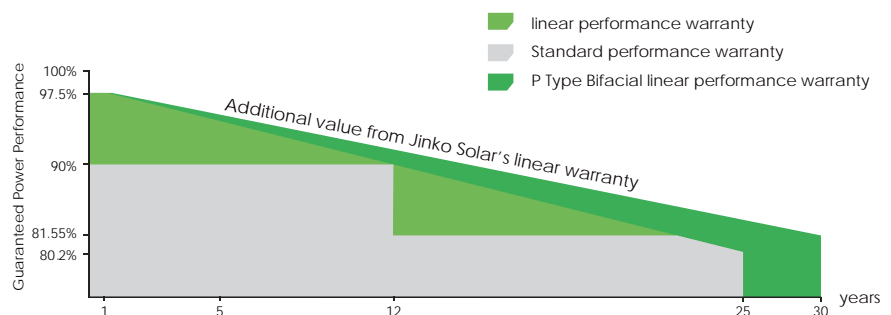


Avoid debris, cracks and broken gate risk effectively

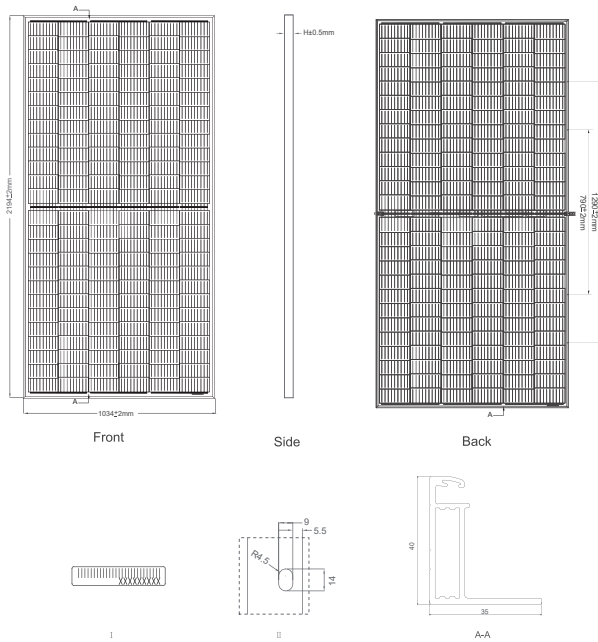
9BB technology using circular ribbon that could avoid debris, cracks and broken gate risk effectively

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 30 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 30 years



Engineering Drawings

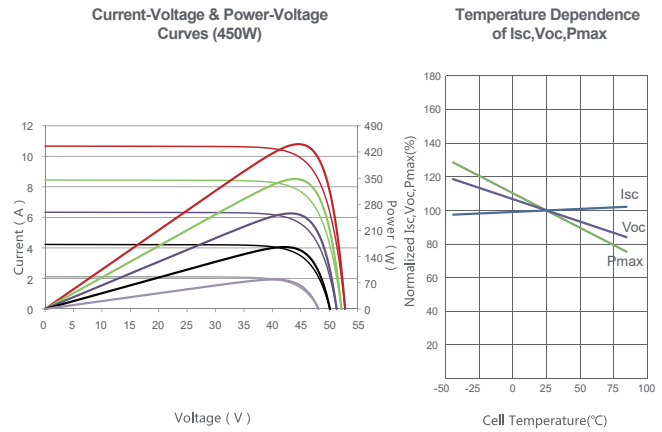


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

27pcs/pallets, 54pcs/stack, 540pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2194×1034×40mm (86.38×40.71×1.57 inch)
Weight	26.1 kg (57.5 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 250mm, (-): 150 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM440M-7RL3-TV		JKM445M-7RL3-TV		JKM450M-7RL3-TV		JKM455M-7RL3-TV		JKM460M-7RL3-TV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	440Wp	327Wp	445Wp	330Wp	450Wp	334Wp	455Wp	338Wp	460Wp	342Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.66V	40.08V	43.73V	40.29V	43.82V	40.54V	43.90V	40.70V	44.02V	41.00V
Maximum Power Current (Imp)	10.08A	8.15A	10.18A	8.20A	10.27A	8.24A	10.37A	8.30A	10.45A	8.33A
Open-circuit Voltage (Voc)	52.38V	49.34V	52.48V	49.43V	52.58V	49.52V	52.68V	49.62V	52.78V	49.71V
Short-circuit Current (Isc)	10.77A	8.70A	10.82A	8.74A	10.87A	8.78A	10.92A	8.82A	10.97A	8.86A
Module Efficiency STC (%)	19.40%		19.62%		19.84%		20.06%		20.28%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.36%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REARSIDE POWER GAIN

		JKM440M-7RL3-TV	JKM445M-7RL3-TV	JKM450M-7RL3-TV	JKM455M-7RL3-TV	JKM460M-7RL3-TV
5%	Maximum Power (Pmax)	462Wp	467Wp	473Wp	478Wp	483Wp
	Module Efficiency STC (%)	20.37%	20.00%	20.83%	21.06%	21.29%
15%	Maximum Power (Pmax)	506Wp	512Wp	518Wp	523Wp	529Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.30%	22.56%	22.81%	23.06%	23.32%
25%	Maximum Power (Pmax)	550Wp	556Wp	563Wp	569Wp	575Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.24%	24.52%	24.80%	25.07%	25.35%

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. Tiger JKM440-460M-7RL3-TV-EN-for All Energy

ANEXO XII INVERSOR

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

FRONIUS SYMO

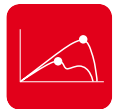
Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



Tecnología SnapInverter



Comunicación de datos integrada



Seguimiento inteligente GMPP



Smart Grid Ready



Diseño SuperFlex



Inyección cero



Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones.

La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Número de seguidores MPP		1			2	
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}^{1)}$)		16,0 A			16,0 A / 16,0 A	
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂ ¹⁾)		24,0 A			24,0 A / 24,0 A	
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)				150 - 1000 V		
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)				200 V		
Rango de tensión MPP				150 - 800 V		
Número de entradas CC		3			2+2	
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	6,0 kW _{pico}	7,4 kW _{pico}	9,0 kW _{pico}	6,0 kW _{pico}	7,4 kW _{pico}	9,0 kW _{pico}

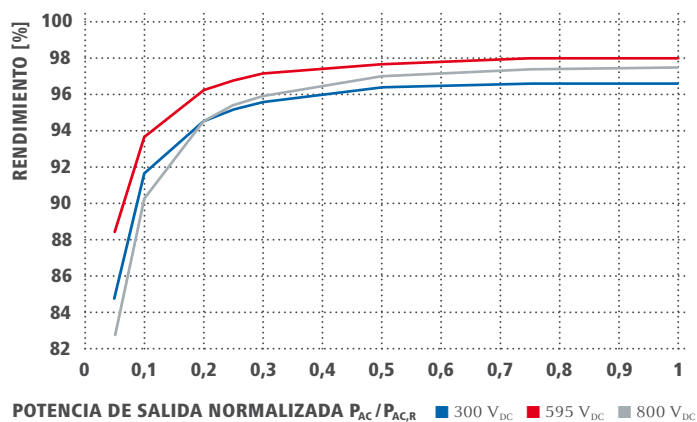
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)				3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)		
Frecuencia (rango de frecuencia)				50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal				< 3 %		
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)		0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			645 x 431 x 204 mm			
Peso		16,0 kg			19,9 kg	
Tipo de protección				IP 65		
Clase de protección				1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾				2 / 3		
Consumo nocturno				< 1 W		
Concepto de inversor				Sin transformador		
Refrigeración				Refrigeración de aire regulada		
Instalación				Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente				-25 - +60 °C		
Humedad de aire admisible				0 - 100 %		
Máxima altitud				2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)		
Tecnología de conexión CC	3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³⁾		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³⁾		
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾ , NRS 097					

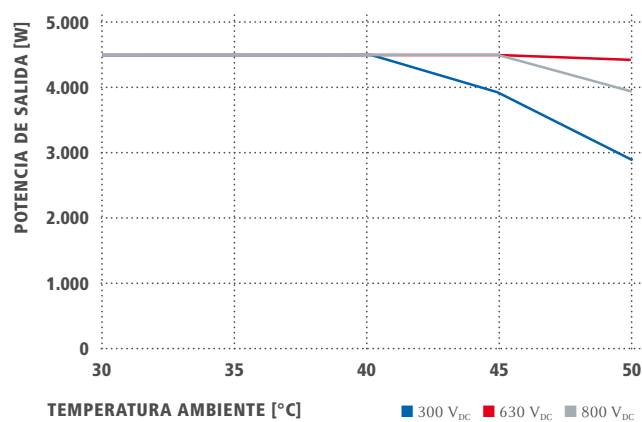
¹⁾ Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M. ²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

³⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %					
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,2 %	96,7 %	97,0 %	96,5 %	96,9 %	97,2 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí					
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia					
Seccionador CC	Sí					
Protección contra polaridad inversa	Sí					

INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda					
USB (Conector A) ¹⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB					
2 conectores RJ 45 (RS422) ¹⁾	Fronius Solar Net					
Salida de aviso ¹⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)					
Datalogger and Webserver	Incluido					
Input externo ¹⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión					
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador					

¹⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Número de seguidores MPP	2			
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	16,0 A / 16,0 A			
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)	24,0 A / 24,0 A			
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)	150 - 1000 V			
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	200 V			
Rango de tensión MPP	150 - 800 V			
Número de entradas CC	2+2			
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	10,0 kW _{pico}	12,0 kW _{pico}	14,0 kW _{pico}	16,4 kW _{pico}

DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %			
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.			

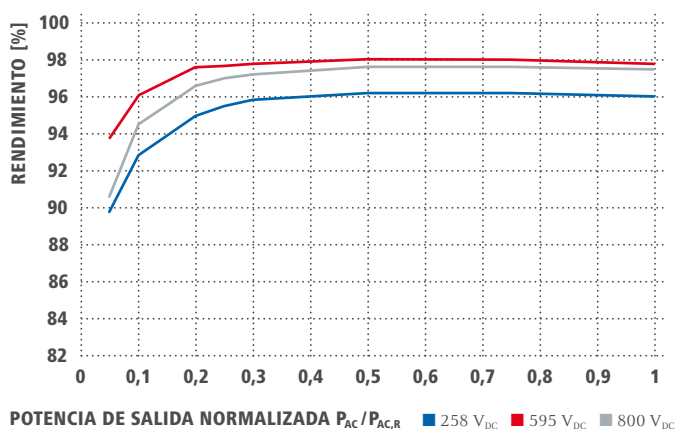
DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm			
Peso	19,9 kg			21,9 kg
Tipo de protección	IP 65			
Clase de protección	1			
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3			
Consumo nocturno	< 1 W			
Concepto de inversor	Sin transformador			
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada			
Instalación	Instalación interior y exterior			
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C			
Humedad de aire admisible	0 - 100 %			
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)			
Tecnología de conexión CC	4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾			
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾			
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097			

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión.

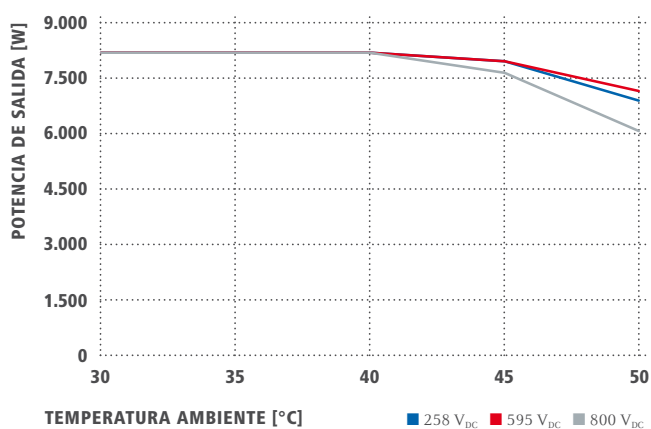
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA $P_{AC}/P_{AC,R}$ ■ 258 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 258 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %			
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí			
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC	Sí			
Protección contra polaridad inversa	Sí			

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) ¹⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) ¹⁾	Fronius Solar Net			
Salida de aviso ¹⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger and Webserver	Incluido			
Input externo ¹⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

¹⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Número de seguidores MPP	2				
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	27,0 A / 16,5 A ¹⁾		33,0 A / 27,0 A		
Máx. corriente de entrada total ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$)	43,5 A		51,0 A		
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)	200 - 1000 V				
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	200 V				
Rango de tensión MPP	200 - 800 V				
Número de entradas CC	3+3				
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	15,0 kW _{pico}	18,8 kW _{pico}	22,5 kW _{pico}	26,3 kW _{pico}	30,0 kW _{pico}

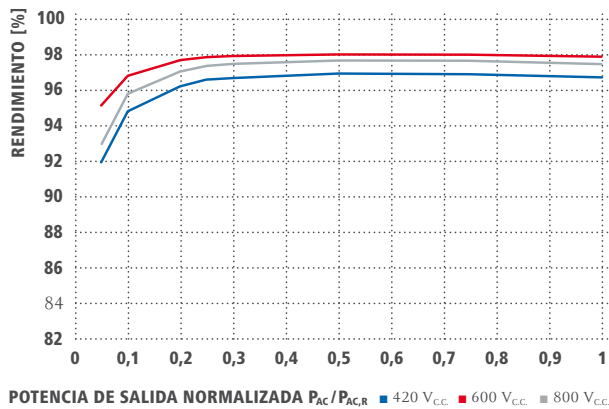
DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				

DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm				
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección	IP 66				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

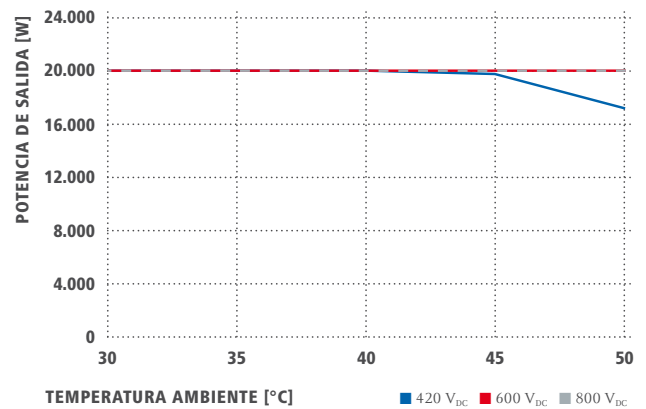
¹⁾ 14,0 A para tensiones < 420 V

²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN disponible para protección de sobretensiones de tipo 1+ 2 o tipo 2. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento		98,0 %		98,1 %	
Rendimiento europeo (η _{EU})	97,4 %	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
Rendimiento de adaptación MPP			> 99,9 %		

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC			Si		
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC			Si		
Protección contra polaridad inversa			Si		

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales		Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) ¹⁾		Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) ¹⁾		Fronius Solar Net			
Salida de aviso ¹⁾		Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger and Webserver		Incluido			
Input externo ¹⁾		Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485		Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

¹⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión „desarrollo sostenible“ significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com v09 May 2018 ES

Fronius España S.L.U.
 Parque Empresarial LA CARPETANIA
 Miguel Faraday 2
 28906 Getafe (Madrid)
 España
 Teléfono +34 91 649 60 40
 Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
 Froniusplatz 1
 4600 Wels
 Austria
 Teléfono +43 7242 241-0
 Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

ANEXO XIII REGULADOR

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

MPPT 50C MPPT 80C

SISTEMA ÓPTIMO DE CARGA SOLAR CON CAPACIDAD DE DETECCIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA



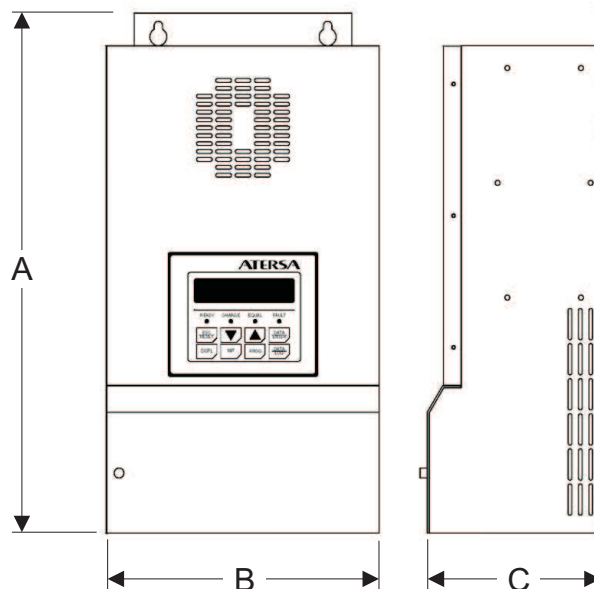
El Regulador-Seguidor MPPT es un cargador de baterías solar con una alta fiabilidad y cuya característica más importante es la maximización de la energía capturada por el conjunto fotovoltaico en la batería mediante el uso de avanzada tecnología de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT).

Características Principales

- MPPT (seguidor de punto de máxima potencia) integrado, manejo de carga de batería, información del estado de carga.
- Potencia de salida permanente sin reducción a temperatura ambiente de hasta 50°C.
- Monitor de energía de batería integrado, rastrea la producción y consumo de potencia para calcular la energía restante en la batería. Estado de carga SOC (state-of-charge) se muestra en porcentaje full, Amper-horas, Watt-horas. Además el cargador solar almacena 90 días de carga de energía.
- Alimenta baterías de plomo ácido, gel y AGM. Carga de 4 etapas con parámetros ajustables.
- Se pueden conectar módulos FV en serie hasta 112 VCC (140VCC máx).
- Sencilla conexión en paralelo de hasta 16 unidades para corrientes elevadas.
- Carga precisa de baterías de 12V/24V/36V/48V con fácil configuración.
- Función de compensación de temperatura integrada para carga segura y completa.

ESPECIFICACIONES

MODELOS	MPPT - 50C	MPPT - 80C
Corriente de salida máxima (continua hasta 50°C de temperatura ambiente)	50A	80A
Tensión de baterías	12, 24, 36, 48 VCC Normal	
Corriente de entrada de FV máx.	40A	70A
Rango de tensión de entrada	16 ~ 112 VCC operando 140 VCC máx. Tensión de circuito abierto	
Potencia máx. del campo FV	3250W (máx. al igualar una batería 48V a 64V en 50A)	5200W (máx. al igualar una batería 48V a 64V en 80A)
Modos de regulación de carga	Carga plena o Bulk, Absorción, flotación, Ecuilización manual/automática	
Compensación de temperatura de batería BTS	5mV por °C, por celda de 2V	
Capacidad de conversión de CC a CC	Batería de 12V: 16 ~ 112 VCC	
	Batería de 24V: 32 ~ 112 VCC	
	Batería de 36V: 36 ~ 112 VCC	
	Batería de 48V: 48 ~ 112 VCC	
Estado	Pantalla LCD muestra tensión de entrada y corriente, tensión de salida y corriente, modo de carga, estado de carga de la batería SOC	
Registro de datos	Registra la energía colectada en 90 días, pantalla LCD WH, KWH, AH	
Monitorización de energía	Pantalla LCD muestra el estado de la carga, AH, WH y corriente de descarga. Es preciso usar un shunt de 50mV/500A	
Relés auxiliares	Tres relés independientes de contacto A (SPST) para control de equipos externos	
Temperatura de operación	Potencia completa de salida hasta +50°C ambiente	
Potencia de reposo	<2W	
Dimensiones (AxBxC) mm.	267,7x196x147	414,8x225x147
Peso (kg.)	4,3	7,1



Modificaciones: El contenido de este documento puede ser modificado sin previo aviso. Atersa se reserva el derecho de modificar las especificaciones del producto sin previo aviso y según sus propios criterios.

ATERSA MADRID
C/ Embajadores, 187-3º
28045 Madrid - España
tel. +34 915 178 452
fax. +34 914 747 467

ATERSA VALENCIA
P.Industrial Juan carlos I
Avda. de la Foia, 14
46440 Almussafes
Valencia - España
tel. 902 545 111
fax. 902 503 355
e-mail: atersa@elecpor.com

ATERSA ITALIA
Centro Direzionale Colleoni
Palazzo Liocorno - ingresso 1
Via Paracelso n. 2
20864 Agrate Brianza
(MB) - Italia
tel. +39 039 2262482
fax. +39 039 9160546

ANEXO XIV BATERÍAS

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Potentes y adecuadas para todas las aplicaciones

Las baterías Classic EnerSol T son elementos de bajo mantenimiento adecuados para el uso en sistemas solares industriales de tipo medio. Estas baterías de plomo-ácido con electrolito líquido son famosas por su seguridad y fiabilidad gracias a su alto rendimiento. Sus aplicaciones típicas son pequeños sistemas solares y eólicos y segundas viviendas (de vacaciones y fines de semana).

- Placas positivas tubulares
- Recipientes translúcidos para facilitar el relleno de electrolito
- Conexiones atornilladas para un mejor contacto y fiabilidad



Placa Tubular



Capacidad nominal
367 –1251 Ah



Elementos
de 2V



1500 ciclos



Bajo
mantenimiento



Reciclables

Datos y características técnicas

Tipo	Código	Tensión nominal V	Capacidad C ₁₂₀ 1.85 V/C 25°C Ah	Longitud (l) Máx. mm	Anchura (b/w) Máx. mm	Altura* (h) Máx. mm	Longitud Instalada (B/L) mm	Peso Incluyendo Ácido Aprox. kg	Peso De Ácido** Aprox. kg	Resistencia Interna mΩ	Intensidad De Cortocircuito Según A	Terminal	Nº Term./Pob
EnerSol T 370	NVTS020370WC0FA	2	367	83	198.5	445	93	17.3	5.1	0.701	2900	F-M10	1
EnerSol T 460	NVTS020460WC0FA	2	459	101	198.5	445	111	21.0	6.3	0.561	3625	F-M10	1
EnerSol T 550	NVTS020550WC0FA	2	551	119	198.5	445	129	24.7	7.5	0.467	4350	F-M10	1
EnerSol T 650	NVTS020650WC0FA	2	648	119	198.5	508	129	29.5	8.6	0.450	4500	F-M10	1
EnerSol T 760	NVTS020760WC0FA	2	756	137	198.5	508	147	31.0	10.0	0.386	5250	F-M10	1
EnerSol T 880	NVTS020880WC0FA	2	876	137	198.5	556	147	36.0	11.0	0.438	4660	F-M10	1
EnerSol T 1000	NVTS021000WC0FA	2	1001	155	198.5	556	165	43.1	12.6	0.383	5325	F-M10	1
EnerSol T 1130	NVTS021130WC0FA	2	1126	173	198.5	556	183	47.7	14.1	0.341	5991	F-M10	1
EnerSol T 1250	NVTS021250WC0FA	2	1251	191	198.5	556	201	52.8	15.6	0.307	6657	F-M10	1

*La altura indicada en la tabla puede diferir dependiendo de los tapones usados.

**Densidad de ácido dN = 1.26 kg/l

Los datos son también válidos para la versión cargada en seco.

Cambie "W" (Wet) por "D" (Dry) en el código.

P.ej.:

Llenada y cargada NVTS020370 **W** C0FA

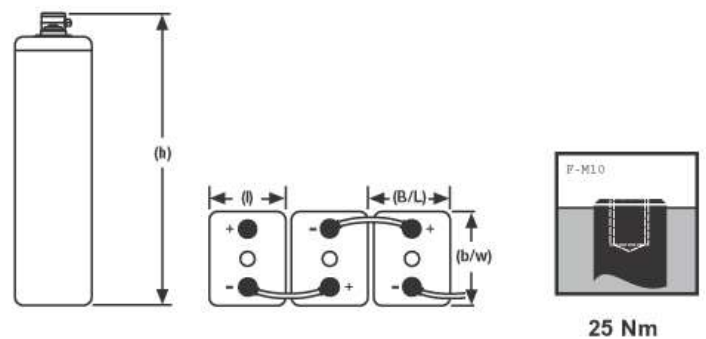
Cargada en seco NVTS020370 **D** C0FA

Capacidades en Ah (C₆ - C₂₄₀ at 25°C)

Tipo	C ₆ 1.75 V/C	C ₁₀ 1.80 V/C	C ₁₂ 1.80 V/C	C ₂₄ 1.80 V/C	C ₄₈ 1.80 V/C	C ₇₂ 1.80 V/C	C ₁₀₀ 1.85 V/C	C ₁₂₀ 1.85 V/C	C ₂₄₀ 1.85 V/C
EnerSol T 370	260	260	294	333	361	377	359	367	363
EnerSol T 460	327	350	367	416	437	472	444	452	478
EnerSol T 550	393	425	441	499	524	566	533	542	574
EnerSol T 650	492	527	552	625	656	709	647	668	719
EnerSol T 760	574	615	645	729	766	827	755	779	839
EnerSol T 880	654	714	742	840	854	953	869	897	966
EnerSol T 1000	755	809	848	960	1008	1089	993	1025	1104
EnerSol T 1130	850	910	954	1080	1134	1225	1117	1154	1242
EnerSol T 1250	944	1011	1060	1200	1260	1361	1241	1282	1380

Las capacidades están dadas a 25 °C después de 5 ciclos

Esquemas con posición de los terminales, terminal y par de apriete



Exide Technologies Industrial Energy

Líder del sector



Exide Technologies Industrial Energy es el líder global en soluciones de almacenamiento de energía eléctrica para todas las principales aplicaciones y necesidades de reserva de potencia. Entre las aplicaciones estacionarias se incluyen redes de telecomunicaciones/datos, sistemas UPS para ordenadores y sistemas de control, sistemas de generación y distribución de energía eléctrica, así como un amplio rango de otras aplicaciones industriales de energía estacionaria. Con una fuerte base de fabricación tanto en Norte América como en Europa y un alcance realmente global (operaciones en más de 80 países) en ventas y servicios, Exide Technologies Industrial Energy está perfectamente posicionada para satisfacer sus necesidades de reserva de energía tanto localmente como en todo el mundo.

Basada en más de 100 años de innovación tecnológica, la División de Industrial Energy lidera la industria con las más reconocidas marcas globales tales como Absolyte, Sonnenschein, Marathon, Sprinter, y Classic, estando todas ellas, por calidad, fiabilidad, rendimiento y excelencia, a la cabeza de los mercados donde se comercializan.

Exide Technologies se enorgullece de su compromiso por mejorar el Medio Ambiente. Su programa de Gestión Total de la Batería, un enfoque integrado de la fabricación, distribución y reciclaje de baterías de plomo ácido, ha sido desarrollado para asegurar un ciclo de vida responsable y seguro de todos sus productos.

EXIDE Technologies
Industrial Energy
Pol. Ind. El Pla - C/ Miquel Torelló i Pagés, 34 – 36
08750 Molins de Rei (Barcelona)
ESPAÑA
Tel.: + 34 93 680 39 60
Fax.: + 34 93 680 22 64
www.networkpower.exide.com

EXIDE
TECHNOLOGIES
INDUSTRIAL ENERGY

ANEXO XV GRUPO ELECTRÓGENO

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

VERSION ABIERTA / OPEN FRAME GDS27M



Ref.: 0000000

ATS100A



Ref.: 2016027

KIT PARA SALA / ROOM KIT



Ref.: 2016047

GDS27M

LTP: 27kVA PRP: 25kVA V: 230



Ref.: 2018009

Puede ser personalizado a medida del cliente

2X 32A CEE 2P+G IP67 / TERMINAL



TÉRMICOS + ID30mA / BREAKER + RCD 30mA



MODOS DE ARRANQUE / START UP MODES



TIPO / TYPE



DEEP SEA ELECTRONICS

MODEL: DSE7320



DATOS MONITORIZADOS / MONITORING DATA

- Voltaje de red y generador / Mains and generator voltage
- Frecuencia de red y generador / Mains and generator frequency
- Intensidad de fase / Phase current
- Salida / Output kVA, kW, fdp
- Voltaje de batería / Battery voltage
- Velocidad del motor / Engine speed
- Nivel de combustible / Fuel level
- Presión de aceite / Oil pressure
- Temperatura del refrigerante / Coolant temperature
- Horas de uso / Run hours

ESPECIFICACIONES GENERADOR / GENERATOR SPECIFICATION

Modelo / Model	GDS27M
Regulación - Voltaje - Frecuencia / Regulation - Voltage - Frequency	Estabilizador electrónico - 400/230V - 50Hz Electronic stabilizer - 400/230V - 50Hz
Potencia primaria / Prime Power (PRP)	20kW - 25kVA fdp / pf 0.8
Potencia de Reserva / Standby Power (LTP)	22kW - 27kVA fdp / pf 0.8
Intensidad Nominal / Rated current	90A
Nivel de presión acústica media a 7mts LpA/ Noise level at 7mts	72 dB (A)
Referencia / Reference	2018009

GDS27M

Nivel de potencia acústica garantizada LWA acorde 2000/14/EC enmienda 2005/68/EC	97 dB (A)
Guaranteed sound power level LwA pursuant to 2000/14/EC amended by 2005/68/EC	Electric / Electric
Tipo de arranque / Start system	80L DIESEL
Capacidad del tanque de combustible / Fuel tank capacity	1.73L/h - 3.45L/h - 5.18L/h - 6.9L/h
Consumo combustible - Fuel consumption 25% 50% 75% 100% carga/ charge	IP23
Grado de protección / Protection Class	2050x950x1100mm
Dimensiones (LxAxAl) / Dimensions (L_W_H)	920Kg
Peso / Weight	

ESPECIFICACIONES ALTERNADOR / ENGINE SPECIFICATION

Modelo alternador / Alternator model	SINC184ESX
Tipo Alternador / Alternator type	Sincrono / Synchronous
Velocidad nominal - Polos / Rated speed - Poles	1500 RPM - 4
Sistema de excitación / Exciting mode	Auto excitado / Self exciting
Nº de Fases / Nº Phases	Monofásico / Single phase
Distorsión de la onda (THD) / Waveform Distortion	Sin carga <1.5%
Interferencias telefónicas / Telephone Interference (THF)	No load <1.5%
Eficiencia / Efficiency	Non-distorting balanced linear load <5%
Grado de aislamiento / Insulation Class	THF<2%
Grado de protección / Protection Class	85.7%
	H
	IP23

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR / ENGINE SPECIFICATION

Modelo / Model	GENERGY SDE4100DY
Cilindrada / Displacement	3298L
Control de velocidad / Governor Class	Mecánica / Mechanical
Nº cilindros y disposición / Cylinder Arrangement	4 vertical en línea / 4 Vertical in-line
Sistema de inyección / Type of Injection	Inyección directa / Direct injection
Aspiración / Aspiration	Natural / Naturally
Sistema de refrigeración / Cooling system	Refrigerado por agua
Diámetro x Carrera / Bore x stroke	Water cooled
Potencia motriz del motor / Engine Prime Power	100x105mm
Capacidad aceite lubricación / Lubricating Oil Capacity	27kW
Capacidad de refrigerante / Coolant Capacity	6.0L SAE 10W30 - SAE 10W40
	10.0L

ALARMAS / ALARMS

- Baja presión de aceite / Low Oil pressure (W+S)
- Sobre temperatura refrigerante
- Coolant over temperature (W+S)
- Fallo de arranque / Start failed (W)
- Alto / Bajo voltaje de batería
- Battery over and under voltage (W)
- Fallo de carga de batería / Battery charger failure (W)
- Alta - Baja velocidad del motor
- Engine over-under speed (W+S)
- Alto - Bajo voltaje / Voltage over-under (W+S)
- Alta - Baja frecuencia / Frequency over-under (W+S)
- Disparo por sobre carga / Overload trip (W)
- Retardo para sobrecargas / Delayed overcurrent
- Parada de emergencia / Emergency stop (W)
- W: Alarmas de advertencia / Warnings alarms
- S: Pare automático del motor / Shut off engine

Elimina la filtrana digital ahorrando

Condiciones de referencia estándar: Temperatura de entrada de aire 25 ° C (77 ° F), 110m (361ft) de altura y una humedad relativa del 30%.
Standard Reference Conditions: Air inlet temperature 77°F, 361ft (altitude) and 30% relative humidity.
Nota: Las calificaciones anteriores pueden estar sujetas a pérdidas de potencia en diferentes condiciones de operación. Todos los niveles de energía y las condiciones de referencia son de acuerdo a las normas ISO 8528-1 y ISO 3046-1.
Note: The above ratings may be subject to derate at different operating conditions. All power ratings and reference conditions in accordance with ISO 8528-1 and ISO 3046-1.

ANEXO XVI DATOS ECONÓMICOS

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Rentabilidad

Rentabilidad	5,00%
---------------------	--------------

IPC interanual

IPC	2,00%
------------	--------------

Periodo	Flujo	Ventas	Mantenimiento	Costes	VAN	TIR
0	-253.379,04 €	INVERSIÓN INICIAL				
1	23.800,04 €	40.419,40 €	12.000,00 €	4.619,36 €	22.666,70 €	-90,61%
2	24.276,04 €	41.227,79 €	12.240,00 €	4.711,75 €	22.019,08 €	-64,00%
3	24.761,56 €	42.052,34 €	12.484,80 €	4.805,98 €	21.389,97 €	-43,30%
4	25.256,79 €	42.893,39 €	12.734,50 €	4.902,10 €	20.778,83 €	-29,30%
5	25.761,93 €	43.751,26 €	12.989,19 €	5.000,14 €	20.185,15 €	-19,73%
6	26.277,17 €	44.626,28 €	13.248,97 €	5.100,15 €	19.608,43 €	-13,00%
7	26.802,71 €	45.518,81 €	13.513,95 €	5.202,15 €	19.048,19 €	-8,11%
8	27.338,76 €	46.429,19 €	13.784,23 €	5.306,19 €	18.503,95 €	-4,46%
9	27.885,54 €	47.357,77 €	14.059,91 €	5.412,32 €	17.975,27 €	-1,67%
10	28.443,25 €	48.304,92 €	14.341,11 €	5.520,56 €	17.461,69 €	0,50%
11	29.012,12 €	49.271,02 €	14.627,93 €	5.630,97 €	16.962,78 €	2,22%
12	29.592,36 €	50.256,44 €	14.920,49 €	5.743,59 €	16.478,13 €	3,60%
13	30.184,21 €	51.261,57 €	15.218,90 €	5.858,47 €	16.007,33 €	4,73%
14	30.787,89 €	52.286,80 €	15.523,28 €	5.975,63 €	15.549,98 €	5,66%
15	31.403,65 €	53.332,54 €	15.833,75 €	6.095,15 €	15.105,69 €	6,43%
16	32.031,72 €	54.399,19 €	16.150,42 €	6.217,05 €	14.674,10 €	7,07%
17	32.672,35 €	55.487,17 €	16.473,43 €	6.341,39 €	14.254,84 €	7,62%
18	33.325,80 €	56.596,92 €	16.802,90 €	6.468,22 €	13.847,56 €	8,08%
19	33.992,32 €	57.728,86 €	17.138,95 €	6.597,58 €	13.451,91 €	8,48%
20	34.672,16 €	58.883,43 €	17.481,73 €	6.729,54 €	13.067,57 €	8,82%
21	35.365,61 €	60.061,10 €	17.831,37 €	6.864,13 €	12.694,21 €	9,11%
22	36.072,92 €	61.262,32 €	18.188,00 €	7.001,41 €	12.331,52 €	9,37%
23	36.794,38 €	62.487,57 €	18.551,76 €	7.141,44 €	11.979,19 €	9,59%
24	37.530,27 €	63.737,32 €	18.922,79 €	7.284,27 €	11.636,93 €	9,79%
25	38.280,87 €	65.012,07 €	19.301,25 €	7.429,95 €	11.304,45 €	9,96%

Diseño de instalación hidráulica abastecida por paneles fotovoltaicos para riego de cultivos

Se obtiene:

Periodo de retorno:

PayBack	10 años
----------------	---------

Valor actual neto:

VAN	155.604,42 €
------------	--------------

Tasa interna de retorno:

TIR	9,96%
------------	-------