



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

**SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS DE BOMBEO**

English title:

**SIMULATION OF THE OPERATION OF
PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS**

Autor/es

Víctor Leciñana Soldevilla

Director/es

José Luis Bernal

Titulación del autor

Máster en Ingeniería Industrial

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

SEPTIEMBRE DE 2023

Resumen

En este resumen del trabajo sobre la simulación de la operación de sistemas fotovoltaicos de bombeo se explican los puntos desarrollados sobre el bombeo solar, fijando como objetivo el aprovechamiento de la energía obtenida por medio de paneles solares para la alimentación de una bomba sumergida, con el fin de obtener recursos hídricos para autoconsumo. Se pretende conseguir así una independencia de la conexión a la red eléctrica o de grupos electrógenos a base de combustibles fósiles.

En este trabajo se ha modelado mediante Simulink el comportamiento de los paneles fotovoltaicos bajo la radiación solar y su posterior tratamiento de la energía eléctrica para la alimentación de la bomba de agua, según la necesidad de la aplicación y sus características.

Se han realizado ciertos casos prácticos para aplicar el modelo y así dimensionar la instalación fotovoltaica de acuerdo con las necesidades de cada estudio.

Finalmente, se ha realizado la automatización del sistema con una programación horaria del funcionamiento de la bomba hidráulica.

Palabras claves: Bombeo solar, modelo Simulink, automatización del sistema.

Abstract

In this summary of the work carried out on the simulation of the operation of photovoltaic pumping systems, the main objective is to harness solar energy obtained through solar panels to power a submerged pump, to obtain water resources for self-consumption. The aim is to achieve independence from the electrical grid connection or fossil fuel-based generator groups.

This paper aims to model the behaviour of photovoltaic panels under solar radiation and their subsequent treatment of electrical energy to power the water pump, using Simulink, according to the needs of the application and its characteristics.

Certain cases were carried out to use the model and thus size the photovoltaic installation according to the needs of each practical study.

Finally, the automation of the system was carried out with hourly programming of the operation of the hydraulic pump.

Keywords: Solar pumping, Simulink model, system automation.

Índice

Glosario.....	12
Prefacio.....	14
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Marco.....	2
1.2. Motivo y alcance	2
1.3. Programas informáticos	3
1.4. Estado del arte.....	4
1.4.1. Componentes fundamentales	4
1.4.2. Aplicaciones del bombeo solar.....	25
1.4.3. Esquema unifilar bombeo solar.....	26
2. ANTECEDENTES	27
3. OBJETIVOS	28
4. MODELOS MATEMÁTICOS	29
4.1. Dimensionado hidráulico	29
4.1.1. Altura geométrica	30
4.1.2. Pérdidas de carga	30
4.1.3. Selección bomba sumergible	34
4.1.4. Almacenamiento de agua.....	39
4.2. Dimensionado fotovoltaico.....	40
4.2.1. Producción de energía eléctrica.....	40
4.2.2. Orientación e inclinación de los paneles solares.....	43
4.2.3. Irradiación solar.....	44
4.2.4. Influencia de la temperatura.....	46
4.2.5. Conexión de módulos fotovoltaicos.....	48
4.2.6. Apoyo con baterías	49

5.	SIMULACION DE OPERACIONES.....	52
5.1.	Esquema del modelo	52
5.2.	Cultivo hortícola.....	54
5.2.1.	Caudal necesario	55
5.2.2.	Parámetros hidráulicos	57
5.2.3.	Parámetros fotovoltaicos.....	58
5.3.	Granja de ganado	60
5.3.1.	Caudal necesario	61
5.3.2.	Parámetros hidráulicos	64
5.3.1.	Parámetros fotovoltaicos.....	65
6.	AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA.....	67
6.1.	Programación PLC	67
6.2.	Pantalla HMI	68
6.2.1.	Imagen de Inicio.....	69
6.2.2.	Imagen de Menú	70
6.2.3.	Imagen de Sistema Máquina.....	70
6.2.4.	Imagen de Alarmas	72
6.2.5.	Imagen de Parámetros de la Bomba.....	73
6.2.6.	Imagen de Control de Caudal	74
6.2.7.	Imagen de Gráficas.....	76
7.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	77
7.1.	Resultados.....	77
7.2.	Conclusiones	78
7.3.	Recomendaciones para futuros procesos	80
	AGRADECIMIENTOS	81
	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	82

ANEXO A. IMPLANTACIÓN EN SIMULINK.....	2
A.1 Bomba Hidráulica.....	2
A.1.1. Cálculo Velocidad Fluido	3
A.1.2. Pérdidas de Carga.....	4
A.1.3. Cálculo Bomba Centrifuga.....	8
A.2 Módulo Fotovoltaico	9
A.2.1. Cálculo Número Paneles	9
A.2.2. Cálculo Inclinación.....	10
A.2.3. Corrección Temperatura.....	11
A.2.4. Cálculo Conexiones.....	13
A.2.5. Cálculo Baterías	14
ANEXO B. IMPLANTACIÓN EN SIMATIC STEP 7.....	15
B.1. Programación PLC.....	15
B.1.1. Main [OB1].....	16
B.1.2. Datos [DB1]	21
B.1.3. Fecha y hora [DB9].....	21
B.1.4. Señales analógicas [FC1].....	22
B.1.5. Ajuste escalones [FC2].....	24
B.1.6. Control digital [FC3].....	26
B.1.7. Datos bomba [FC4].....	28
B.1.8. Programación suministro [FC5]	30
ANEXO C. PRESUPUESTO MATERIAL	32
C.1. Cultivo hortícola	32
C.2. Granja de ganado	33
ANEXO D. CATÁLOGO DE COMPONENTES	34

Índice de tablas

Tabla 4-1. Rugosidad absoluta de materiales comunes (Pirobloc, 2020). ...	32
Tabla 4-2. Valores del coeficiente k en pérdidas de carga por elementos auxiliares (Pirobloc, 2020).....	33
Tabla 4-3. Características técnicas del módulo solar, marca ReneSola, modelo JC335M-24.....	41
Tabla 4-4. Características eléctricas del módulo solar, marca ReneSola, modelo JC335M-24.....	41
Tabla 4-5. Factores de corrección de las características eléctricas del módulo solar según temperatura, marca ReneSola, modelo JC335M-24.....	46
Tabla 5-1. Necesidades hídricas del tomate (Mula, 2021)	55
Tabla 5-2. Horas de luz solar en octubre en Cerbón (PVGIS-SARAH2, 2020).	56
Tabla 5-3. Datos bomba hidráulica. Cultivo hortícola.....	57
Tabla 5-4. Datos bomba hidráulica. Módulo Fotovoltaico.	58
Tabla 5-5. Estimaciones de consumo de agua en cerdos según estadio productivo (De Blas y Garrido, 2012).	61
Tabla 5-6. Horas de luz solar en diciembre (izq.) y en julio (dcha.) en La Coronada (PVGIS-SARAH2, 2020).....	62
Tabla 5-7. Radiación mensual a lo largo del año en La Coronada (PVGIS-SARAH2, 2020).....	63
Tabla 5-8. Datos bomba hidráulica. Granja de ganado.....	64
Tabla 5-9. Datos bomba hidráulica. Módulo Fotovoltaico.	65
Tabla 7-1. Resultados de los casos prácticos.	77
Tabla C-1. Presupuesto material. Caso cultivo hortícola.	32
Tabla C-2. Presupuesto material. Caso granja de ganado.	33

Índice de gráficas

Gráfica 4-1. Pérdidas de carga de un hidrociclón para partículas de 120 μm , Modelo F710-F755, marca Yamit.	34
Gráfica 4-2. Relación H-Q para la selección de la bomba, grupo de modelo 4SR90G, marca Pedrollo.	35
Gráfica 4-3. Irradiación solar mensual en Zaragoza, para el ángulo optimizado azimut -2° e inclinación 36° . Base de datos PVGIS-SARAH2, 2020.	45
Gráfica 4-4. Irradiación solar horaria en Zaragoza un día de agosto, para la configuración optimizada. Base de datos PVGIS-SARAH2, 2020.....	45
Gráfica 4-5. Temperaturas medias mensuales en Zaragoza. Base de datos PVGIS-SARAH2, 2020.....	47
Gráfica 4-6. Relación números de ciclos y DOD de la Bat.12V 3 PVV 210 SOLAR, marca BAE.....	51

Índice de figuras

Figura 1-1. Instalación de bombeo solar para riego (EcolInventos, 2023).	5
Figura 1-2. Instalación fotovoltaica con paneles policristalinos para bombeo de SolarPlak (SolarPlak, 2018).	6
Figura 1-3. Paneles solares de GaAs en la Estación Espacial Internacional (EuropaPress, 2021).	8
Figura 1-4. Estructura solar sobre solera plana CVE 915 XL Inclinación 15°. 9	
Figura 1-5. Curvas I vs V de un módulo solar a 25°C y corte con el Punto de Máxima Potencia.	10
Figura 1-6. Comparativa de usar un panel solar con MPPT (Svarc, 2023). .	10
Figura 1-7. Esquema conexionado regulador fotovoltaico (Solarsierrasur, 2018).	11
Figura 1-8. Regulador de carga VICTRON MPPT 100/50 para 12/24 V y 50 A.	11
Figura 1-9. Variador de frecuencia con MPPT de VDSUN con entrada CA 220-230 V, 50/60 Hz y CC 160-450 V, y salida CA TRIFÁSICA 110-230 V.	13
Figura 1-10. Conexionado del VDF alimentado con módulos solares CC a controlar una bomba.	13
Figura 1-11. Conexionado tras grupo fotovoltaico.	14
Figura 1-12. Protección fotovoltaica CC, Marca Chint, modelo KVFBOXC1110, 16 A, 1000 Vdc.	14
Figura 1-13. Diferencial Schneider 2P 30 mA AC 80 A AC (Izquierda) e Interruptor Automático Magnetotérmico Schneider 11935 2P, 15 A, 400 V (derecha).	15
Figura 1-14. Conexionado de una pica de toma de tierra (Autosolar, 2023). 17	
Figura 1-15. Bomba sumergida MSW-SPP48-110 1.1 kW (izquierda) y bomba de superficie Novax 20 B 300 W (derecha).	18
Figura 1-16. Bomba centrífuga DWC AISI 304 de EBARA (izquierda) y bomba volumétrica rotativa DW de SPX APV (derecha).	19
Figura 1-17. Estructura de almacenamiento de agua en altura para bombeo solar (SolarPlak, 2018).	21

Figura 1-18. Almacenamiento en baterías de una instalación de paneles solares (SolarPlak, 2018).	22
Figura 1-19. Instalación de bomba sumergible con tubería flexible, marca Coluflex (izquierda) e hidrociclón modelo F-700, marca Yamit (derecha).	24
Figura 1-20. Esquema unifilar de la instalación eléctrica.	26
Figura 4-1. Instalación de la bomba sumergible, grupo de modelo 4SR90G, marca Pedrollo.	38
Figura 4-2. Depósito de agua de chapa, 90 m ³ (Bestagarar, 2022).	39
Figura 4-3. Ángulo de azimut e inclinación de los paneles solares (AutoSolar, 2023).	43
Figura 4-4. Esquema de conexión para bombeo solar con baterías.	51
Figura 5-1. Portada del modelo de bombeo solar en Simulink.	52
Figura 5-2. Bloques principales del modelo de bombeo solar.	53
Figura 5-3. Esquema del modelo en Simulink.	53
Figura 5-4. Planteamiento del caso de regadío a estudiar.	55
Figura 5-5. Planteamiento del caso de abrevadero a estudiar.	61
Figura 6-1. Conjunto de módulos TIA Portal de Siemens, EINA Universidad de Zaragoza.	67
Figura 6-2. PLC Siemens S7-1200 modelo 6ES7214-1BG40-0XB0,	67
Figura 6-3. HMI KTP700 Basic PN 7".	68
Figura 6-4. Inicio del visualizador SIMATIC HMI.	69
Figura 6-5. Menú del visualizador SIMATIC HMI.	70
Figura 6-6. Sistema de bombeo solar HMI N ^o 1.	71
Figura 6-7. Sistema de bombeo solar HMI N ^o 2.	72
Figura 6-8. Alarmas HMI N ^o 1.	72
Figura 6-9. Alarmas HMI N ^o 2.	73
Figura 6-10. Parámetros de la bomba HMI N ^o 1.	74
Figura 6-11. Control del caudal de la bomba HMI N ^o 1.	74
Figura 6-12. Parámetros de la bomba HMI N ^o 2.	75
Figura 6-13. Gráfica HMI.	76
Figura A-1. Vista general de diagrama de bloques de Bomba Hidráulica.	2
Figura A-2. Constantes de entrada (Izq) y valores de salida (Dcha) del bloque Bomba Hidráulica.	3

Figura A-3. Función de Matlab para calcular la velocidad del fluido.	3
Figura A-4. Vista general de diagrama de bloques de Pérdidas de Carga. ...	4
Figura A-5. Salidas del bloque Pérdidas de Carga.	5
Figura A-6. Vista general de diagrama de bloques de Pérdidas Lineales.	5
Figura A-7. Vista general de diagrama de bloques de Pérdidas Auxiliares.	7
Figura A-8. Vista general de diagrama de bloques de Módulo Fotovoltaico. .	9
Figura A-9. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo del número de paneles.....	10
Figura A-10. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo Inclinación. .	11
Figura A-11. Vista general de diagrama de bloques de Corrección Temperatura.....	12
Figura A-12. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo Conexiones.	13
Figura A-13. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo Baterías. ...	14
Figura B-1. Bloques de programa TIA Portal.	15
Figura B-2. Tipología de bloques de programa.	16
Figura B-3. Encendido de la Máquina. Segmento 1. OB1.....	17
Figura B-4. Activación del Sistema. Segmento 2. OB1.	17
Figura B-5. Apagado del Sistema. Segmento 3. OB1.	18
Figura B-6. Sensor de nivel EICOS, modelo LA12N-40.....	19
Figura B-7. Apagado de actuadores. Segmento 4. OB1.	19
Figura B-8. Llamada a FC definidas. Segmento 5. OB1.	19
Figura B-9. Lámpara Emergencia. Segmento 6. OB1.....	20
Figura B-10. Bloque de Datos del programa. DB1.	21
Figura B-11. Bloque de Datos del programa. DB1.	21
Figura B-12. Linealización del canal sensor analógico. Segmento 1. FC1. .	22
Figura B-13. Linealización del canal actuador analógico. Segmento 2. FC1.	22
Figura B-14. Variador de frecuencia SINAMICS V20.....	23
Figura B-15. Motor trifásico Panasonic, modelo M8MX25G4YGA de 25 W. .	24
Figura B-16. Función de ajuste de los datos de entrada. Segmento 1. FC2.25	
Figura B-17. Llamada a función de ajuste de valores de la Presión. Segmento 7. OB1.	25

Figura B-18. Activación de la bomba hidráulica. Segmento 1. FC3.	26
Figura B-19. Parada de la bomba hidráulica. Segmento 2. FC3.	27
Figura B-20. Apertura de la electroválvula de suministro. Segmento 3. FC3.	27
Figura B-21. Cálculo del caudal aportado por la bomba en m ³ /s. Segmento 1. FC4.	28
Figura B-22. Cálculo del tiempo de la bomba. Segmento 2. FC4.	29
Figura B-23. Cálculo volumen bombeado. Segmento 3. FC4.	30
Figura B-24. Lectura de la hora local. Segmento 1. FC5.	30
Figura B-25. Activación del suministro a aplicación. Segmento 2. FC5.	31
Figura B-26. Activación del suministro a depósito. Segmento 3. FC5.	31

Glosario

Las definiciones de vocabulario o acrónimos destacados, en orden alfabético, son:

- **CIGS:** acrónimo en inglés de “Copper indium gallium selenide”, se trata de un material semiconductor formado por los siguientes elementos: cobre, indio, galio y selenio. Se emplea en la industria fotovoltaica por su eficiencia fotovoltaica para células solares, y su menor coste económico respecto al silicio.
- **IDEA:** El Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) en España es una entidad estatal corporativa, afiliada al Ministerio de la Transición Ecológica por medio de la Secretaría de Estado de Energía. Funciona como un instrumento gubernamental destinado a respaldar la consecución de los objetivos nacionales de España en relación con la mejora de la eficiencia energética, la promoción de energías renovables y la implementación de tecnologías de bajas emisiones de carbono.
- **ITC:** acrónimo en castellano “Instrucción Técnica Complementaria”, es un conjunto de instrucciones técnicas que proporcionan orientación adicional sobre la aplicación de los reglamentos y normativas vigentes en determinados ámbitos específicos, formando parte del REBT.
- **MPPT:** acrónimo en inglés de "Maximum Power Point Tracking", algoritmo empleado en los controladores de sistemas fotovoltaicos para maximizar la eficiencia de conversión de energía solar en electricidad, en función de la irradiación y la temperatura.
- **NPSH:** acrónimo en inglés de “Net Positive Suction Head”, trata del margen sobre la presión de vapor en la boquilla de succión de la bomba. Se calcula como la diferencia entre la presión de succión en estancamiento (P_s) y la presión de vapor del líquido bombeado a la temperatura de entrada (P_{vap}), mientras esta diferencia sea positiva, se evitará el fenómeno de cavitación.

- **PWM:** acrónimo en inglés de “Pulse Wide Drive”, se trata de un método de control de la tensión equivalente mediante la modulación por ancho de pulsos de una señal.
- **REBT:** acrónimo en castellano de “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, es un conjunto de normativas y reglas técnicas que establecen los requisitos de seguridad y calidad en las instalaciones eléctricas de baja tensión. Regula tanto las instalaciones eléctricas en viviendas y edificios como en entornos industriales y comerciales.
- **TFPV:** acrónimo en inglés de “Thin Film Photovoltaic”, se trata de una variante de placas solares de capa delgada formada por silicio amorfo, empleadas por su menor costo que los paneles de silicio cristalino y alta flexibilidad adaptable a superficies no planas.
- **VFD:** acrónimo en inglés de “Variable Frequency Drive”, se trata de un elemento necesario para la alimentación de motores de corriente alterna mediante corriente continua o alterna monofásica. Este elemento permite regular la velocidad de rotación del rotor mediante la variación de frecuencia de la señal alterna, según el ciclo de trabajo de una señal cuadrada creada.

Prefacio

El bombeo solar se extendió ampliamente en 1980 gracias a la disminución de los costos de los paneles solares y a la creciente conciencia sobre la necesidad de encontrar fuentes de energía renovable. Desde entonces, el bombeo solar se ha convertido en una tecnología ampliamente utilizada en todo el mundo, tanto en áreas rurales y remotas donde no existe acceso a la red eléctrica como en grandes fincas y explotaciones agrícolas.

Actualmente, el bombeo solar es considerado una de las tecnologías más eficientes y sostenibles para la obtención de agua en zonas alejadas de la red eléctrica, ya que su instalación no solo permite que el sistema sea autosuficiente, si no que permite el ahorro de la instalación de una línea eléctrica que lo alimente y los costes que esto conlleva.



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

MEMORIA

Simulación de la operación de sistemas fotovoltaicos de bombeo

Víctor Leciñana Soldevilla

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Máster en Ingeniería Industrial

Curso 2022-2023 (Septiembre 2023)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco

El presente trabajo fin de máster se ha realizado en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, dentro del ámbito de aplicaciones de energía renovables a instalaciones de bombeo, pudiendo llegar a obtener un modelo aplicable a casos reales en ubicaciones remotas donde sea necesario buscar una alternativa a la ampliación de la red eléctrica para sus necesidades energéticas.

1.2. Motivo y alcance

El estudio surge de la necesidad de poder integrar en un modelo aplicable a situaciones reales, el cálculo y dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas, en base a las características de la demanda hídrica y las características de cada instalación de bombeo. Se pretende con este estudio, considerando la potencia necesaria demandada por una bomba hidráulica alimentada por un pozo o corriente de agua subterránea, el cálculo de las necesidades fotovoltaicas para la aplicación desarrollada.

Para este trabajo se va a realizar una revisión de los modelos matemáticos de los elementos que forman parte de un sistema fotovoltaico de bombeo. El estudio de estos modelos ya desarrollados, tanto eléctricos como hidráulicos, nos permitirán conocer las variables y funcionamiento de los diagramas de bloques empleados en Simulink.

El estudio consistirá en el desarrollo de la simulación para observar la respuesta del sistema según las características de la instalación, la irradiación solar de la ubicación y la necesidad hídrica de la aplicación, siendo esta alimentada por los paneles solares empleados. Además de su automatización y monitoreo mediante el software industrial TIA Portal de Siemens.

1.3. Programas informáticos

La realización de este estudio se apoya de los siguientes recursos informáticos y programas de cálculo para el diseño y procesado de datos obtenidos:

- **Matlab R2022b** (<https://es.mathworks.com/>)

El programa Matlab (versión R2022b) es un lenguaje de programación y un entorno de desarrollo interactivo utilizado en ingeniería, ciencia y matemáticas, que se especializa en el cálculo numérico, el análisis de datos, la visualización de datos y el modelado de sistemas.

- **SIMATIC Siemens STEP 7 (TIA Portal) V16**
(<https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=en-AU>)

El SIMATIC STEP 7 (versión V16) es un software de programación utilizado para codificar y configurar los controladores lógicos programables (PLC) de la familia SIMATIC de Siemens. Es una herramienta de automatización industrial muy popular y ampliamente utilizada en la industria para programar, configurar y mantener los sistemas de automatización de procesos.

- **PVGIS** (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

Siendo el acrónimo en inglés de “Photovoltaic Geographical Information System”, herramienta online ofrecida por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Se encarga de proporcionar información sobre radiación solar y rendimiento de sistemas fotovoltaicos para cualquier ubicación en Europa y África, así como en gran parte de Asia y América.

1.4. Estado del arte

El bombeo solar fotovoltaico tiene la función de dar un suministro de agua estable y constante a las instalaciones privadas y zonas agropecuarias, donde debido a su posible ubicación en áreas alejadas de las zonas con servicios, puede ser particularmente difícil llevar los sistemas regulares de suministro de agua o energía eléctrica. En estos puntos se debe contar con recursos hídricos en forma de pozos profundos en el suelo o corrientes subterráneas.

En algunas áreas escasamente pobladas, la infraestructura eléctrica limitada dificulta este proceso, lo que aumenta significativamente los costos de operación y mantenimiento. Para resolver estos problemas, las bombas solares fotovoltaicas se consideran la solución ideal para superar las limitaciones de infraestructura y reducir los costos de operación y mantenimiento.

Esta tecnología es relativamente moderna ya que se popularizó en la década de 1980 debido a la disminución del costo y extensión del comercio de los paneles solares y una mayor conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de encontrar fuentes de energía renovable [2].

1.4.1. Componentes fundamentales

Estos sistemas de bombeo solares se componen fundamentalmente de los siguientes elementos, al aprovechar la energía solar como su fuente de energía.

- 1.- Generadores fotovoltaicos
- 2.- Estructura paneles fotovoltaicos
- 3.- Regulador
- 4.- Controlador de la bomba
- 5.- Filtro senoidal
- 6.- Protecciones eléctricas
- 7.- Bomba de agua
- 8.- Almacenamiento de energía
- 9.- Elementos de instalación hidráulica

En la Figura 1-1 se representa un esquema de la instalación de bombeo solar con la aplicación de regadío para cultivo y obtención de agua para consumo de ganadería.

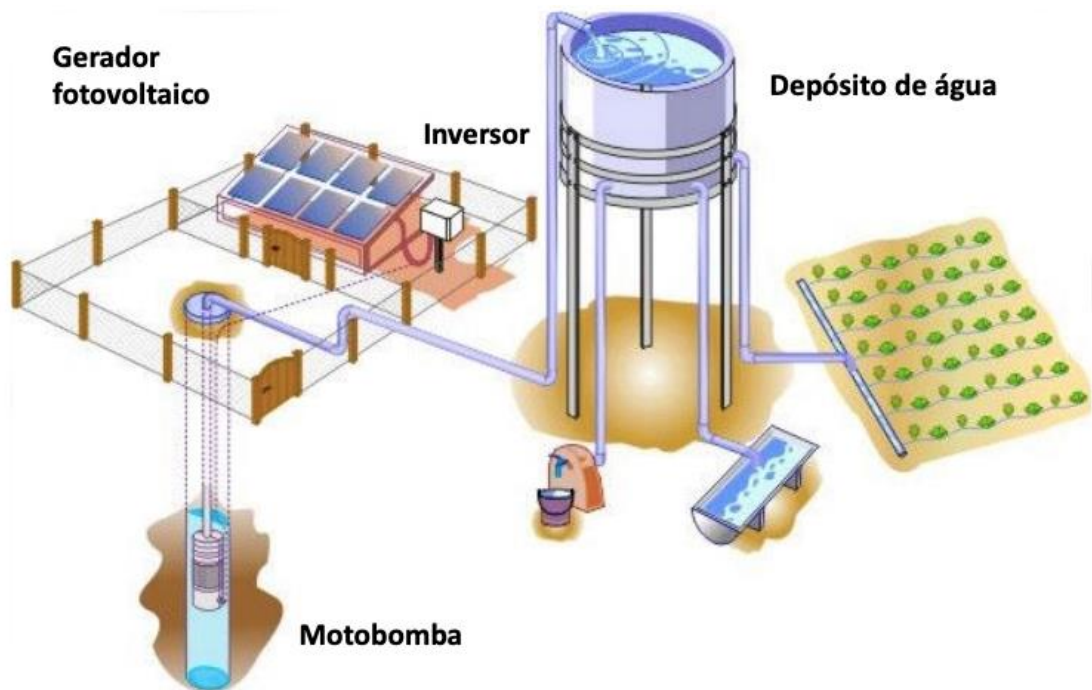


Figura 1-1. Instalación de bombeo solar para riego (EcolInventos, 2023).

1.4.1.1. Generadores fotovoltaicos

El elemento principal de este tipo de instalación son los paneles solares fotovoltaicos, en los cuales se hace uso del efecto fotoeléctrico, descubierto por Hertz [6]. En este efecto, la incidencia de los fotones sobre un material hace que se liberen electrones y se creen huecos, evitando que se recombinen mediante el uso de semiconductores tipo P y N dopados.

Este proceso crea una diferencia de potencial entre las caras superior e inferior del panel haciendo que, al conectar los extremos, se genere una corriente continua de electrones [6].

El rendimiento de los paneles solares comunes suele andar en torno al 20% debido a que no toda la irradiación solar es absorbida y existen pérdidas debidas al paso de la corriente (Efecto Joule).

Existen tres tipos de paneles fotovoltaicos:

- Monocrystalinos

Compuestos de un solo cristal, estos paneles se caracterizan por estar formados de silicio en láminas y ser el más eficiente de las variantes, en torno al 23% en los mejores modelos [7]. Se distinguen por un color uniforme y oscuro.

- Policristalinos

Al contrario que los monocrystalinos, estos se fabrican mediante la fundición y moldeo del silicio. Estos, aunque son un 10% menos eficientes, soportan mejor el sobrecalentamiento y son más económicos [7]. Su aspecto no es tan uniforme, indicativo de menor pureza.



Figura 1-2. Instalación fotovoltaica con paneles policristalinos para bombeo de SolarPlak (SolarPlak, 2018).

- De capa fina

También conocidos como TFPV, este tipo de paneles ha extendido su uso en la actualidad debido a su ligereza y flexibilidad sin necesidad de un marco, lo que facilita su instalación en superficie no planas. La eficiencia de los paneles actualmente oscila entre el 7 % y el 13 % [8]. Se caracterizan por un precio económico debido al uso de silicio amorfo, no tan puro como el de los paneles cristalinos.

Se cuenta con diversos materiales para la fabricación de células de paneles solares, estos son capaces de absorber las longitudes de onda del espectro de radiación solar entre los 400 y 1.200 nm (nanómetros), siendo el espectro completo de luz de 290 nm (ultravioleta, UV) hasta los 3.790 nm (infrarrojos, IR) [10].

Entre los materiales de fabricación de las células de paneles solares se encuentran:

- Silicio

Las células de silicio son las más comunes, estas pueden ser cristalinas o de formato amorfo, variando su pureza y como consecuencia su rendimiento, como se ha explicado en sus variantes cristalinas.

- Teluro de cadmio

Las células de telururo de cadmio son las segundas más comunes después de los paneles de capa fina de silicio amorfo. Pueden alcanzar una eficacia en la absorción de radiación solar del 17 % [9], llegando a absorber un espectro de luz de longitudes de onda más cortas que los de silicio amorfo, pero menor que los de silicio cristalino. Cuentan con el problema del tratamiento y disposición del cadmio, un elemento tóxico.

- CIGS

Células fotovoltaicas compuestas por diseleniuro de cobre, galio e indio. Se trata de una variante al silicio de una eficiencia del 11-20%, con un precio considerable respecto a los demás materiales en las placas de capa fina [7]. Sufre del problema de la problemática eliminación de cadmio, aunque actualmente se está reemplazando por zinc, no tan contaminante [11].

- Arseniuro de galio

Son células de placas solares de alta eficiencia empleadas en naves espaciales y satélites, pueden llegar a alcanzar un rendimiento del 30 % en condiciones ideales [7]. Estas células fotovoltaicas formadas por galio

y arseniuro conllevan un alto costo de fabricación, por lo que no se emplean para uso general. Además, están compuestas por arsénico, un elemento muy tóxico que dificulta su eliminación.



Figura 1-3. Paneles solares de GaAs en la Estación Espacial Internacional (EuropaPress, 2021).

Estos materiales de silicio no cristalino fundido o sus alternativas se forman depositando el vertido entre capas conductoras.

1.4.1.2. Estructura paneles fotovoltaicos

La estructura de los paneles solares se encarga de mantenerlos fijos y aportarles la inclinación requerida para absorber la mayor irradiación solar posible, en función de si se quiere maximizar la producción en verano o invierno. En España, según su latitud geográfica, la inclinación óptima se encuentra entre 20° y 40° [16]. La estructura, generalmente metálica, deberá ser capaz de soportar los vientos de su ubicación, anclándose a una solera de hormigón como base para la ubicación de los módulos solares.



Figura 1-4. Estructura solar sobre solera plana CVE 915 XL Inclinación 15°.

1.4.1.3. Regulador

Un regulador o controlador de carga es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar y regular el flujo de corriente eléctrica, desde los paneles solares hacia la bomba de agua, en un sistema fotovoltaico. Su función principal es evitar sobrecargas al limitar la cantidad de corriente que se envía al sistema de bombeo y asegurarse de que la tensión de alimentación se mantenga en niveles adecuados para un funcionamiento seguro y eficiente.

Hay varias categorías de controladores de bomba para elegir, dependiendo de los motores de la bomba solar (AC o DC).

Los controladores de bomba avanzados vienen con funciones integradas de inversor, necesarias para los motores de bomba solar de CA, así como funciones de comunicación de red que permiten la supervisión y ajuste de la operación de la bomba de agua solar de forma remota [2].

Actualmente, los sistemas alimentados por paneles solares suelen emplear controladores de carga de tipo MPPT [4] los cuales están equipados con un convertidor de tensión de corriente continua a continua y un seguidor del punto de máxima potencia. Estas características le permiten realizar dos funciones importantes:

- El convertidor de tensión CC-CC tiene la capacidad de ajustar las tensiones entre el campo fotovoltaico y las baterías o motores. Esto significa que puede trabajar con diferentes niveles de voltaje en ambas

partes del sistema, permitiendo una transferencia eficiente de energía de los paneles solares a las baterías o directamente a la aplicación.

- El seguidor del punto de máxima potencia (MPPT) es capaz de adaptar la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico para obtener la máxima potencia posible. Esto se logra monitoreando constantemente la curva de voltaje-corriente de los paneles solares y ajustando la tensión para obtener el punto de máxima eficiencia energética [5].

En resumen, el regulador selecciona la tensión a la que se obtiene energía del panel solar para llegar al punto de máxima potencia, dejando la salida del regulador a la tensión correspondiente de la aplicación.

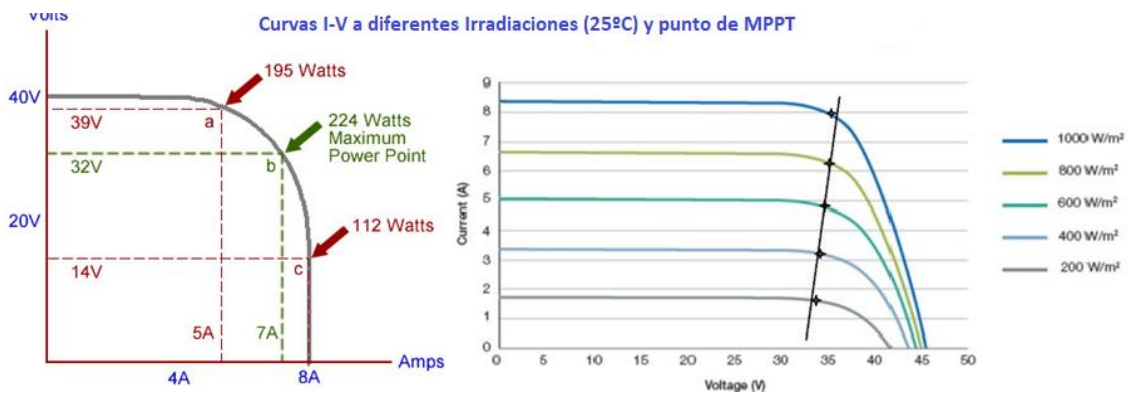


Figura 1-5. Curvas I vs V de un módulo solar a 25°C y corte con el Punto de Máxima Potencia.

Para cada nivel de irradiación solar percibida por el panel solar, le corresponde una curva tensión-intensidad característica de la potencia del panel.

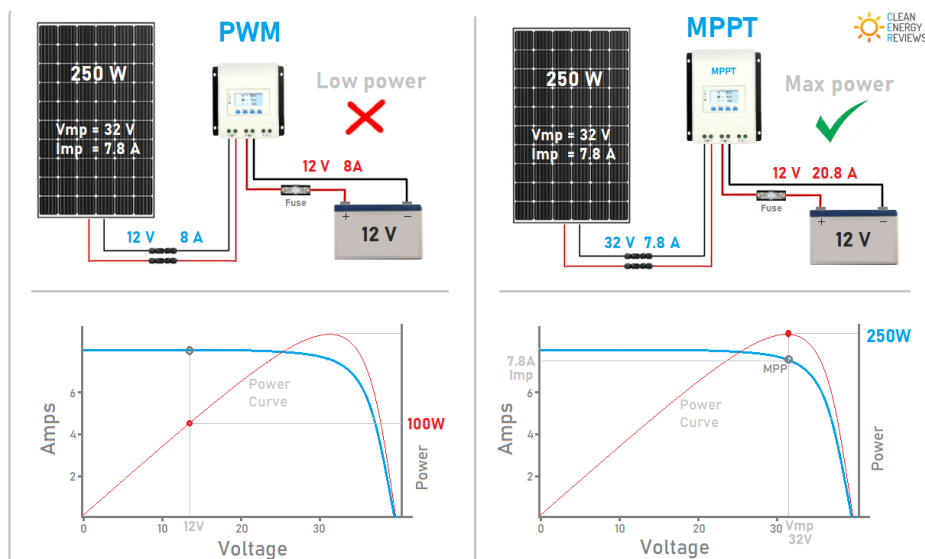


Figura 1-6. Comparativa de usar un panel solar con MPPT (Svarc, 2023).

Utilizando el controlador PWM, la tensión del panel solar debe reducirse para que coincida con la tensión de la batería y, como resultado, la producción de energía se reduce drásticamente. Con un controlador de carga MPPT, el panel puede operar en su punto de máxima potencia y, a su vez, generar más energía en comparación al PWM [17].

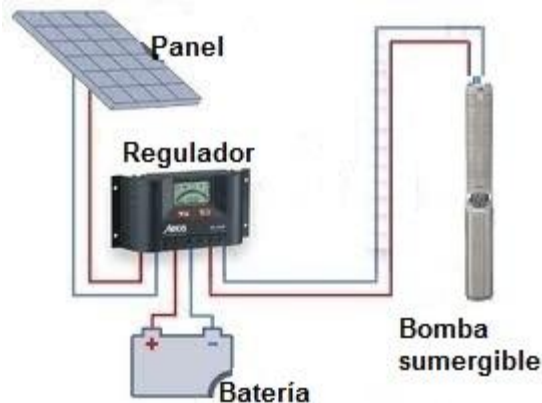


Figura 1-7. Esquema conexionado regulador fotovoltaico (Solarsierrasur, 2018).

Se incorporarán los controladores según la bomba empleada, tales como: un variador de frecuencia, en el caso de que la bomba empleada se alimente de una corriente trifásica; un inversor, si la bomba va a ser de corriente alterna monofásica o para pequeñas aplicaciones; o si la bomba es de corriente continua, esta podría ir alimentada directamente con los paneles solares por medio del regulador de tensión.



Figura 1-8. Regulador de carga VICTRON MPPT 100/50 para 12/24 V y 50 A.

1.4.1.4. Controlador de la bomba

El controlador de la bomba tiene la función de adaptar la corriente de alimentación para que pueda ser usada por la bomba hidráulica. Se empleará un controlador diferente en función de cada tipo de alimentación.

- Corriente continua (CC)

Una vez se obtiene la corriente continua procedente de la agrupación de paneles solares y del regulador, esta se puede llevar directamente a la bomba si es de corriente continua, permitiendo disminuir el coste de la instalación al eliminar la necesidad del controlador. La otra ventaja de la conexión directa es que la bomba funcionará de forma proporcional a la irradiancia solar y en su consecuencia, proporcional a la intensidad de alimentación, obteniendo un mayor caudal en el suministro de agua (mayor potencia) en las horas de mayor incidencia solar, es decir, cuando más agua se requiere en el riego.

- Corriente alterna monofásica (AC)

En el caso del uso de una bomba hidráulica de tipo alterna monofásica, la corriente continua obtenida del grupo fotovoltaico se deberá tratar mediante un inversor, en el cual la señal se tratará para que sea una señal alterna senoidal de la tensión adecuada a la bomba.

El tipo más común de bombas sumergidas en aplicaciones de gran escala es el uso de una alimentación trifásica, para ello, existen variadores de frecuencia (VFD) específicos para bombeo solar trifásico que son alimentados directamente con la corriente continua del grupo fotovoltaico y la tratan para formar la corriente alterna de tres fases.

El VFD trabaja comúnmente convirtiendo la corriente alterna (CA) de alimentación en corriente continua (CC) mediante un puente rectificador, si su alimentación proviene de una fuente alterna, o directamente en corriente continua si es alimentada por paneles solares al mismo tiempo. Esta corriente continua será transformada en una forma de onda de corriente alterna cuasi-sinusoidal variando el ancho de pulso (PWM) mediante un circuito inversor conmutado, normalmente formado por IGBTs.

Gracias a la conversión de la energía proporcionada en corriente continua, estos controladores tienen la capacidad de producir tanto salidas monofásicas como trifásicas, lo que les permite funcionar como convertidores de fase o variadores de velocidad.



Figura 1-9. Variador de frecuencia con MPPT de VDSUN con entrada CA 220-230 V, 50/60 Hz y CC 160-450 V, y salida CA TRIFÁSICA 110-230 V.

Para la aplicación del estudio de bombeo solar, la señal de alimentación no será una corriente alterna si no una continua procedente del regulador, por lo que ya no es necesario tratar la señal con el puente rectificador.

Existen VDF específicos para bombeo solar como el modelo la de Figura 1-9 que aceptan una entrada de alimentación de corriente continua, procedente del grupo fotovoltaico y una entrada alterna monofásica en caso de ser alimentada por la red o un grupo electrógeno, pudiendo controlar en ambos casos la señal de salida que alimenta la bomba hidráulica trifásica.



Figura 1-10. Conexión del VDF alimentado con módulos solares CC a controlar una bomba.

1.4.1.5. Filtro senoidal

Cuando sea necesario añadir un VDF a la instalación, también es recomendable incorporar un filtro senoidal para eliminar los pulsos de alta frecuencia, procedentes de la tensión del variador. Además de definir la forma de onda senoidal sin picos de tensión, esto reduce el riesgo de dañar el motor con una señal de alimentación con interferencias y elimina la necesidad de emplear cables apantallados en la instalación para largas distancias (más de 50 metros) entre VFD y bomba hidráulica [15]. La potencia del VDF y el filtro deberá ser igual o superior a la de la bomba escogida.



Figura 1-11. Conexión tras grupo fotovoltaico.

1.4.1.6. Protecciones eléctricas

Desde el grupo fotovoltaico hasta el VFD o inversor es necesario contar con protecciones contra sobreintensidades y picos de tensión.

- Protección corriente continua

El grupo de protección para corriente continua deberá tener una intensidad nominal de disparo de valor mayor a la corriente de cortocircuito indicado por los paneles solares empelados. De la misma forma, la tensión máxima del sistema de protección deberá ser de un valor superior a la tensión en circuito abierto de las placas solares.



Figura 1-12. Protección fotovoltaica CC, Marca Chint, modelo KVVBOXC1110, 16 A, 1000 Vdc.

Estos elementos se emplean para impedir sobrecargas y cortocircuitos, los interruptores de protección se pueden restablecer tras ser disparados, a diferencia de los fusibles.

- Protección corriente alterna

Para la parte de corriente alterna desde el VDF hasta el motor, se puede trabajar con una corriente monofásica o trifásica según la bomba escogida, de generalmente 230 V. Esto requiere de un sistema de protección para las personas que manipulen el sistema, además de un medio de protección contra cortocircuitos y sobrecargas, protegiendo el sistema de derivaciones a tierra con un diferencial.

El VDF realiza por medio de la variación de frecuencia un arranque suave de motores de corriente alterna. Sin embargo, las regulaciones establecidas en la normativa ITC-BT-47 dictan que es necesario instalar medidas de seguridad de manera que no se activen por el pico de corriente en el arranque, teniendo en cuenta la posibilidad de que, al arrancar el motor, este pueda experimentar un pico de intensidad del doble de su nivel de funcionamiento normal.

El diferencial permite cortar el suministro al sistema en caso de que la corriente que regresa al VDF difiera en mayor medida de lo que permite su sensibilidad, de la que sale de este hacia el motor. Este elemento protege mediante la detección de corrientes de fuga del sistema.



Figura 1-13. Diferencial Schneider 2P 30 mA AC 80 A AC (Izquierda) e Interruptor Automático Magnetotérmico Schneider 11935 2P, 15 A, 400 V (derecha).

El interruptor magnetotérmico protege a la instalación de sobrecargas y cortocircuitos mediante la detección de una corriente elevada no contemplada, además de permitir aislar de forma manual la instalación eléctrica aguas abajo.

- Toma a tierra

Todos los sistemas de protección eléctricos descritos requieren de una toma a tierra para derivar las corrientes no contempladas fuera de la instalación, ofreciendo un camino de muy pequeña resistencia eléctrica.

Según el REBT, se debe contemplar lo marcado en la ITC BT-18, donde en función de la clasificación de la instalación, seca o húmeda, se limitará la tensión máxima admisible de contacto. La instalación estudiada de bombeo solar se considerará húmeda, lo que limita dicha tensión a 24 V para garantizar una seguridad eléctrica. La resistencia de puesta a tierra máxima viene dada como:

$$R_t [\Omega] = \frac{V_{CC} [V]}{I_{dif} [A]}$$

Siendo la tensión la característica para emplazamientos húmedos de 24 V y la corriente la correspondiente a la sensibilidad del diferencial escogido.

Según la ITC BT-18, la pica de puesta a tierra se elige en función de la resistividad del terreno, siendo de 500 $\Omega \cdot m$ para terrenos de cultivo (valor de la Tabla-4, ITC BT-18, Octubre 2005) y de la longitud enterrada de manera vertical.

$$R_t [\Omega] = \frac{\rho [\Omega/m]}{L [m]}$$

La conexión a tierra se conecta a medidas de protección contra sobrecargas en la parte de corriente CC, de las protecciones de la corriente AC, y la conexión a tierra de todas las masas.

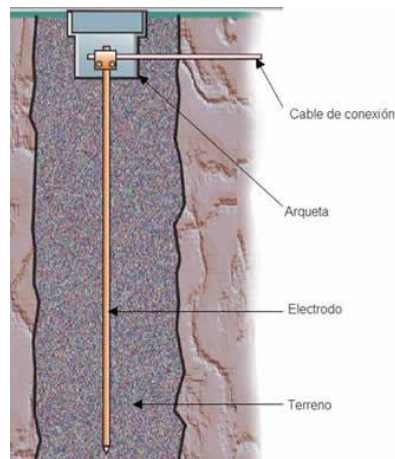


Figura 1-14. Conexión de una pica de toma de tierra (Autosolar, 2023).

1.4.1.7. Bomba de agua

Las bombas de agua o motobombas son dispositivos que se utilizan para mover agua de un lugar a otro, alimentadas por electricidad de diversas fuentes, como la energía solar para este caso; o también pudiendo ser accionadas directamente por energía mecánica procedente de un motor diésel.

La potencia y tipo de bomba de agua que se necesita depende de varios factores: el caudal necesario, definido como la cantidad de agua necesaria por unidad de tiempo (m^3/h), la altura manométrica (m.c.a) debido a la altura geométrica y a las pérdidas de carga debidas a rugosidad de la tubería, codos y válvulas, y la presión de uso que vendrá definida por la aplicación del sistema.

$$P[W] = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot \left(h[m] \cdot \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot g \left[\frac{m}{s^2} \right] \right) \cdot \Delta p_{perd}[Pa] \cdot \Delta p_{aplic}[Pa]}{\eta}$$

La potencia requerida por la bomba será la que defina la cantidad de módulos fotovoltaicos solares necesarios para la instalación de bombeo.

Hay dos tipos principales de bombas de agua según su ubicación:

- Bombas montadas en superficie

Las bombas montadas en superficie se utilizan típicamente para bombear agua de pozos poco profundos, y suelen ser autocebantes, es decir, el cuerpo de la bomba debe llenarse de agua en la primera puesta en marcha, pero luego son capaces de aspirar el agua por sí misma sin necesidad de repetir

el procedimiento en cada uso. Se colocan en la superficie y aspiran agua del pozo mediante un tubo. Después, aumentan la presión del agua y la impulsan a través del tramo de impulsión hasta el punto de uso, que puede ser un grifo o un sistema de riego.

- Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles se utilizan para bombear agua de pozos profundos ya que es más eficiente colocar la bomba de agua cerca de la fuente del pozo para empujar el agua hacia arriba a la superficie. El proceso mediante el cual las bombas sumergibles elevan el agua desde el pozo implica la transformación de la energía cinética en energía centrífuga y, posteriormente, en energía de presión, lo que permite que el agua sea impulsada hacia fuera del pozo. Otra ventaja es que no es necesario cebarlas, ya que se encuentran sumergidas en el líquido y, por lo tanto, son estancas.



Figura 1-15. Bomba sumergida MSW-SPP48-110 1.1 kW (izquierda) y bomba de superficie Novax 20 B 300 W (derecha).

Otra categoría para las bombas hidráulicas en función de su principio de funcionamiento es:

- Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas se basan en la rotación de un eje que, acoplado a un rodete dentro de la bomba, generan la fuerza centrífuga necesaria para

impulsar el agua a través del sistema hidráulico. Se emplean en pozos de baja profundidad.

- Bombas volumétricas

Las bombas de desplazamiento gradual pueden trabajar empujando de forma alternativa el líquido mediante un pistón o también pueden trabajar de forma continua mediante la rotación de dos lóbulos que, girando en sentido contrario, conducen el líquido hacia el sistema de tuberías. Este tipo de bombas se suelen usar especialmente para mayores profundidades y con líquidos de densidad mayor que el agua [12].



Figura 1-16. Bomba centrífuga DWC AISI 304 de EBARA (izquierda) y bomba volumétrica rotativa DW de SPX APV (derecha).

Las bombas hidráulicas variarán su tipología de funcionamiento según la potencia que se vaya a necesitar en la aplicación, pudiendo ser:

- Bombas de corriente continua

Las bombas de corriente continua para bombeo solar pueden conectarse directamente a las placas solares ya que estas funcionan a una tensión nominal de 12 o 24 V o por medio de un regulador de carga MPPT para obtener el máximo rendimiento en horas de baja irradiación. Además de poder funcionar de forma gradual según la irradiancia solar que reciban las placas solares. Estas bombas se usan para aplicaciones de baja y media potencia, desde los 120 W hasta los 3 kW. Pudiendo aportar una altura máxima de bombeo desde 11 m hasta 250 m [13].

- *Bombas de corriente alterna monofásica*

Las bombas alternas monofásicas se utilizan principalmente en aplicaciones residenciales, comerciales o pequeñas industrias. Estas requieren del uso de un inversor posterior a la salida de los paneles solares o del MPPT para poder transformar la corriente continua en corriente alterna monofásica que alimente la bomba hidráulica. Las bombas de corriente alterna son más difíciles de controlar que las de corriente continua en términos de variar la potencia, ya que requieren otros elementos de control. Este tipo de bomba puede aportar potencias similares a las bombas de corriente continua.

- *Bombas de corriente alterna trifásica*

Las bombas alternas trifásicas se emplean para grandes aplicaciones de suministro de agua, aunque también se pueden emplear para bajas potencias. Estos requieren de un variador de frecuencia que pueda transformar la corriente continua en corriente alterna trifásica que controle la bomba. Las bombas de corriente trifásicas trabajan con tensiones de línea entre las fases que permiten transmitir la misma potencia a menor intensidad que las monofásicas, lo que las hace de menor tamaño y, por tanto, más económicas.

El tipo de bomba hidráulica se caracterizará según la potencia requerida, la cual se define como el producto del caudal por la presión de las necesidades hídricas de la instalación. El uso de una bomba trifásica con un VDF que incluya las funciones de regulador MPPT en bombeo solar será la mejor opción para nuestra instalación en términos de sencillez y minimización de componentes requeridos.

1.4.1.8. Almacenamiento de energía

Se puede afirmar que una de las grandes desventajas del uso de la energía solar es la intermitencia de su fuente de origen, la radiación solar. Ya sea en días nublados o por la noche cuando no existe una iluminación solar que incida directamente sobre las células fotovoltaicas, se deberá poder seguir empleando el sistema de suministro de agua, para ello es necesario tener la capacidad de poder almacenar energía.

Existen dos opciones, en forma de energía potencial gravitatoria y en forma de energía eléctrica.

- Energía potencial gravitatoria

El almacenamiento de energía potencial gravitatoria se puede conseguir almacenando agua en depósitos o balsas en cierta altura sobre el lugar de aplicación. De esta forma, cuando se tenga un excedente de irradiación solar, esta se podrá emplear para bombear agua a un depósito elevado que ya contará con la presión requerida en el momento de uso.

La presión manométrica que llevará el agua se cuantificará como el producto de la constante gravitatoria, por la densidad del líquido y por la altura sobre la zona de empleo.

$$P[Pa] = \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot g \left[\frac{m}{s^2} \right] \cdot h [m]$$

Este almacenamiento de agua se puede realizar en balsas a altura aprovechando el desnivel geográfico que pueda existir cerca de la zona de uso, o si esto no es posible, almacenando una cierta cantidad de agua en depósitos en altura en el mismo lugar de uso por medio de una estructura, como se puede observar en la Figura 1-17.



Figura 1-17. Estructura de almacenamiento de agua en altura para bombeo solar (SolarPlak, 2018)

- Energía eléctrica

El uso de baterías permite prescindir del almacenamiento de agua en altura, en su lugar, la energía eléctrica sobrante se emplea para cargar una serie de baterías. La cuantificación de la capacidad de estas baterías se puede calcular como el producto de la potencia de la bomba por el tiempo de uso según la aplicación, es recomendable una autonomía del sistema de 2 a 5 días en función del tiempo de funcionamiento de la bomba, obteniendo los vatios hora (Wh) requeridos. La división de este resultado entre la tensión del conjunto de baterías nos proporciona el número de amperios hora (Ah) requerido.

A este valor de amperios hora para la elección de las baterías es común aplicarle un factor de corrección por la descarga del batería especificado por el fabricante y dividirlo entre el valor del porcentaje de profundidad de descarga de la batería [14]. Es común que la tensión del conjunto de baterías para bombeo solar sea de 12 V, 24 V o 48 V.

La instalación de las baterías se deberá realizar teniendo en cuenta el mantenimiento que puedan acarrear estas, así como protegiéndolas de la radiación solar directa que pudiera aumentar su temperatura y empeorar su rendimiento.



Figura 1-18. Almacenamiento en baterías de una instalación de paneles solares (SolarPlak, 2018).

En los sistemas de bombeo fotovoltaico no suele ser común el uso de almacenamiento de la energía eléctrica en baterías debido a su alto coste y limitada capacidad, en su lugar, se suele almacenar la energía generada en forma de energía potencial del agua al almacenarla a cierta altura sobre el sistema de suministro, siempre que la localización geográfica lo permita.

1.4.1.9. Elementos de instalación hidráulica

Los elementos hidráulicos serán los requeridos para el transporte del agua bombeada desde el pozo al depósito de almacenamiento o directamente a la aplicación.

Entre estos elementos se encuentran:

- Tuberías

La red hidráulica se conecta por medio de tuberías de diámetro constante, para esta aplicación es recomendable el uso de tuberías de PVC o de tuberías flexibles autoportantes de poliuretano, las cuales se unen por medio de manguitos tubulares y de conectores de acople con racor de acero inoxidable, respectivamente. En caso de tratarse de un pozo de gran profundidad, la bomba sumergible irá suspendida de la tubería flexible autoportante, mediante la cual se transportará el agua hasta la superficie.

- Válvula antirretorno

El uso de este tipo de válvulas permite garantizar el flujo del agua en un solo sentido, evitando así el retorno del agua en sentido opuesto a la impulsión de la bomba sumergible, lo que podría dañar el equipo de bombeo.

- Caudalímetro

El caudalímetro se emplea para contabilizar el volumen por unidad de tiempo que circula por el sistema de distribución, con el fin del monitoreo de la instalación.

- Manómetro

El manómetro aporta datos sobre la presión manométrica del fluido en un cierto punto de la instalación, información necesaria en la red de distribución para la suficiente presión en los sistemas de aplicación del agua.

- Filtro de hidrociclón

El uso de un hidrociclón permite una eliminación de las partículas cuyo peso específico sea mayor que el del agua, debido al efecto centrífugo que se ejerce sobre el fluido al entrar al filtro. La bomba sumergible dispone de su propio filtro de malla para la eliminación de partículas grandes, sin embargo, las de menor tamaño como puede ser la arena, se pueden llegar a introducir al sistema.

La fuerza centrífuga producida por la desviación del fluido en el cuerpo del filtro hace que las partículas se desplacen a la pared del cono, siguiendo una trayectoria en espiral descendente hacia el depósito colector. El agua limpia asciende por la parte superior del filtro hacia el sistema de suministro.

Una ventaja de este tipo de filtrado es que debido a que la acumulación de sedimentos no interfiere con el flujo del líquido, la pérdida de carga es constante independientemente del volumen de sedimentos acumulados.



Figura 1-19. Instalación de bomba sumergible con tubería flexible, marca Coluflex (izquierda) e hidrociclón modelo F-700, marca Yamit (derecha).

1.4.2. Aplicaciones del bombeo solar

Estos sistemas de bombeo solares se pueden aplicar a diversos campos en los que se requiera de un acceso de agua en una zona aislada. Según las necesidades, las bombas solares pueden ser utilizadas para una variedad de propósitos donde se requiere bombear agua. Las principales aplicaciones incluyen:

- a) Irrigación de cultivos
- b) Suministro de agua potable
- c) Piscinas
- d) Procesamiento de agua industrial
- e) Irrigación para la agricultura
- f) Agua potable para el ganado

Las bombas de agua solares son económicas, especialmente para personas que viven fuera de la red eléctrica y en países con infraestructuras de suministro de electricidad y agua deficientes. Esto se debe a que su bajo costo de operación y mantenimiento, su impacto ambiental mínimo y su capacidad para funcionar en diferentes ubicaciones geográficas las hacen una solución ideal para uso residencial y comercial.

Las ventajas del bombeo solar son las siguientes:

- a) Empleo de una fuente de energía gratuita, no contaminante e inagotable.
- b) Aprovechamiento del periodo estival cuando mayor es la irradiación solar, con la mayor demanda hídrica de los cultivos y uso del agua para fines recreativos.
- c) Mantenimiento sencillo basado en una limpieza de la superficie de las placas solares y revisión del equipo, no existen partes móviles predispuestas al desgaste, a excepción de la bomba hidráulica.
- d) Sistema de aprovechamiento solar fácilmente ampliable en caso de una necesidad de incrementar la potencia de bombeo.
- e) Empleo de bombas hidráulicas eléctricas alimentadas sin emisiones de gases contaminantes
- f) Posibilidad de automatizar y monitorear la instalación a distancia de forma online.

1.4.3. Esquema unifilar bombeo solar

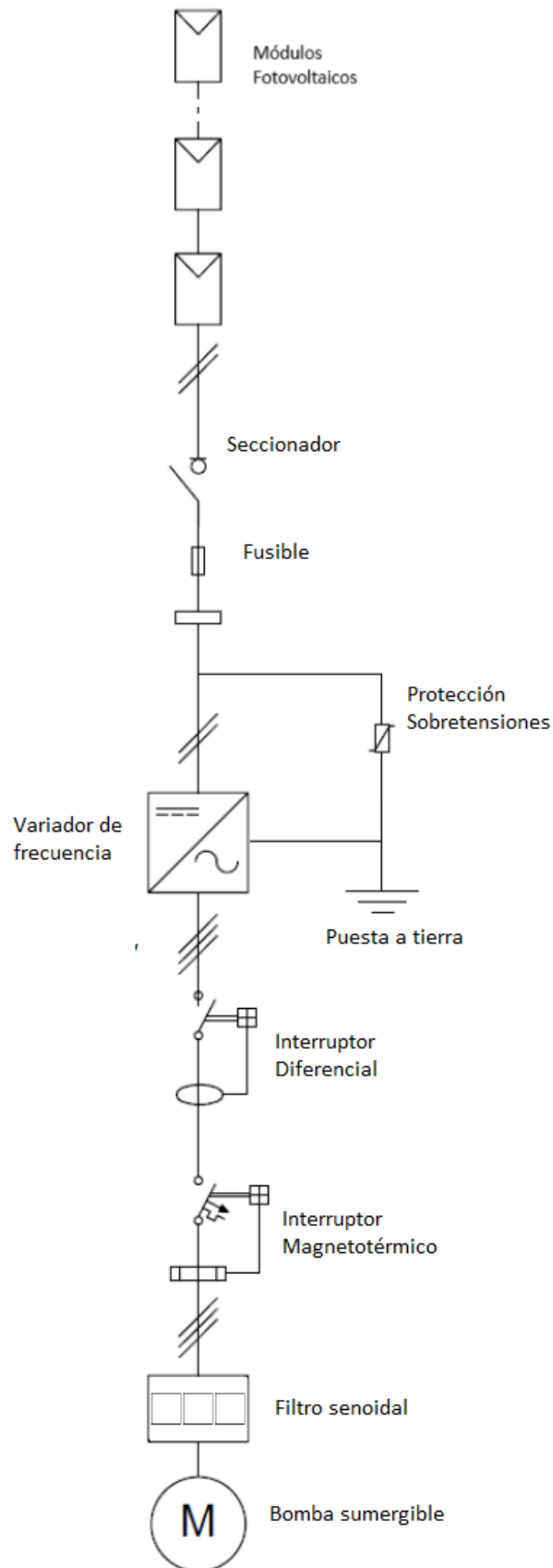


Figura 1-20. Esquema unifilar de la instalación eléctrica.

2. ANTECEDENTES

En las últimas décadas, la creciente conciencia sobre la sostenibilidad ambiental y con ella, la búsqueda de reducir las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero han llevado a un aumento en la investigación y desarrollo de tecnologías energéticas renovables. Entre estas tecnologías, la energía solar fotovoltaica ha emergido como una solución prometedora para la generación de electricidad limpia y sostenible.

La energía solar tiene un gran potencial en la aplicación de bombeo de agua, teniendo un gran uso en una diversa gama de sectores, como la industria agropecuaria, la agricultura a pequeña escala y el suministro de agua potable. Las bombas de agua pueden ser accionadas por motores eléctricos o motores térmicos, opción que conlleva costes operativos significativos y una dependencia de los combustibles fósiles. Las zonas rurales y ubicaciones remotas a menudo carecen de acceso a una fuente confiable de electricidad, lo que dificulta aún más el bombeo de agua.

La tecnología de bombeo solar, la cual emplea paneles fotovoltaicos para generar electricidad a partir de la radiación solar, surge como una solución con ventajas clave, como la independencia de los combustibles fósiles, bajos costos operativos y la capacidad de proporcionar agua en áreas fuera de la red eléctrica. Sin embargo, la eficiencia y la confiabilidad de estos sistemas son aspectos críticos que deben abordarse para garantizar su viabilidad a largo plazo.

Las herramientas de simulación, como Simulink, permiten al diseñador probar diferentes configuraciones antes de implementarlas físicamente un sistema.

En este trabajo, el objetivo es comprender cómo las variables clave, como la radiación solar, la potencia demandada por la bomba, la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y las características de la instalación, interactúan para influir en el rendimiento general del sistema. Al proporcionar una herramienta de simulación, este estudio busca contribuir al desarrollo y la implementación efectiva de sistemas de bombeo solar que sean eficientes, confiables y adecuados para diversas aplicaciones en entornos tanto urbanos como rurales.

3. OBJETIVOS

El objeto del estudio consiste en el desarrollo de un modelo para la simulación de una instalación de bombeo alimentada con energía solar mediante paneles fotovoltaicos, además de la obtención de datos correspondientes del suministro, seguido de la automatización del proceso.

Para ello se llevarán a cabo los siguientes objetivos:

- Realizar una revisión de los modelos matemáticos de los elementos que forman parte de un sistema fotovoltaico de bombeo.
- Diseñar el modelo correspondiente para la simulación en Simulink (Matlab) de una instalación de bombeo solar de agua.
- Estudiar el comportamiento de la instalación en diferentes condiciones de operación y aplicarlo a casos prácticos.
- Implementar el sistema a autómatas programables mediante el software de Siemens SIMATIC STEP 7 (TIA Portal) V16 para poder ser automatizado.
- Obtener conclusiones y proponer posibles mejoras.

Es estudio pretende investigar en la aplicación de la energía fotovoltaica al suministro de agua en ubicaciones donde no es posible llevar el suministro de red tanto eléctrica como hídrica, pero se dispone de reservas subterráneas de agua.

4. MODELOS MATEMÁTICOS

De acuerdo con los objetivos señalados para el estudio se describirán a continuación los modelos matemáticos revisados para el desarrollo de la simulación de bombeo solar.

4.1. Dimensionado hidráulico

Una vez conocido el caudal necesario para la aplicación, así como la presión requerida en el punto de salida y de las dimensiones de la instalación, se puede calcular la potencia necesaria de la bomba, estando determinado el incremento de presión por la altura geométrica, pérdidas en las tuberías y la mencionada presión en el punto de aplicación, además del caudal necesario a bombear.

Para este cálculo se hace uso de la ecuación de Bernoulli, la cual se expresa como un balance de energía del fluido aplicado al sistema.

$$p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot (h_1 + H_b) = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + \rho \cdot g \cdot (h_2 + H_{lineal} + H_{aux})$$

Este balance de energía está expresado en términos de presión [Pa] aunque también es común representarlo en término de columna de agua [m.c.a.].

Existen ciertas simplificaciones que se pueden aplicar a la expresión. El punto de presión de la admisión de la bomba, denominado p_1 , se puede simplificar a cero ya que se trabaja con presiones manométricas. Los metros columna de agua de profundidad a la que se encuentre la bomba son una presión que se deberá vencer para llevar el fluido a la superficie, por lo que el punto de referencia será nivel de agua de la superficie del pozo, lo que nos lleva a simplificar h_1 a cero.

La p_2 tomará el valor de cero si se lleva el agua del pozo a una balsa de almacenamiento, ya que en este caso la única presión será la atmosférica. Si la alimentación se lleva directamente a la aplicación, se deberá especificar que presión es la necesaria.

Los términos de presión equivalente del balance de energía a la altura cinemática $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2$ y $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$ serán simplificados a cero, ya que en el caso de

la admisión se trata de una superficie de agua en reposo, en la salida dependerá de si se trata de una alimentación a balsa o directa a la aplicación.

La expresión queda de la siguiente forma:

$$p_{bomba} = \rho \cdot g \cdot H_b = p_2 + \rho \cdot g \cdot (h_2 + H_{lineal} + H_{aux})$$

Definiéndose así el incremento de presión p_{bomba} a aportar en el sistema por la bomba hidráulica sumergible que se instalará en el pozo.

4.1.1. *Altura geométrica*

La presión manométrica que llevará el agua se cuantificará como el producto de la constante gravitatoria, por la densidad del líquido y por la altura sobre la zona de empleo ya sea el punto de aplicación o de almacenamiento.

4.1.2. *Pérdidas de carga*

Las pérdidas de carga se definen como un decremento en términos de presión que se produce en un fluido que viaja por un conducto. Este fenómeno se debe a la fricción de las propias moléculas del líquido con las paredes de la tubería en conductos rectos, o debido a cambios de dirección, paso por válvulas u otras causas específicas.

Esta disminución de presión puede ser conocida y cuantificada para que el dimensionado de la bomba hidráulica se ajuste a las necesidades de la aplicación.

4.1.2.1. *Perdidas de carga lineales*

Las pérdidas de carga lineales H_{lineal} son debidas a la velocidad del fluido en los tramos lineales de la instalación hidráulica. El fluido se caracteriza por su estado de régimen laminar o turbulento, el cual se define con la expresión de Reynolds.

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Siendo V la velocidad del fluido en el conducto, d el diámetro interno de este y ν la viscosidad cinemática del agua, que para condiciones normales tomará el valor de $1,01 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$.

La velocidad del fluido es conocida por su relación con el caudal Q y el diámetro interno del conducto.

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

Para la elección del diámetro de la tubería es recomendable conseguir una velocidad de fluido en el rango de 0,5 m/s y 2 m/s en la medida de lo posible.

Conocido el número adimensional de Reynolds se determinará el régimen del fluido siendo:

- Régimen laminar si $Re < 2300$
- Régimen transitorio si $2300 < Re < 4000$
- Régimen turbulento si $Re > 4000$

El régimen más común para este tipo de instalaciones es el turbulento, dentro del cual, un valor de $4000 < Re < 10^8$ permite calcular las pérdidas de carga lineales por medio de la ecuación empírica de Darcy-Weisbach.

$$H_{lineal} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Que expresado en términos de caudal en lugar de velocidad del fluido nos queda la siguiente expresión.

$$H_{lineal} = f \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{L}{g} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$$

El valor de L será la longitud total de las tuberías del sistema hidráulico de la instalación, con su correspondiente d o diámetro interno del conducto; siendo la Q el valor del caudal suministrado.

La cual depende del factor de fricción f obtenido por el método iterativo de Colebrook-White, desde Matlab se aplica el método para hallar el valor del factor de fricción [25].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

El valor de ε se define como la rugosidad absoluta característica de la tubería empleada, en metros. El cociente entre rugosidad absoluta y el diámetro (ε/d) se conoce como rugosidad relativa.

Conocidos estos valores ya se puede sustituir en la ecuación de Darcy-Weisbach para obtener las pérdidas de carga lineales en m.c.a.

En la siguiente Tabla 4-1 se pueden observar los distintos valores de rugosidad absoluta para los materiales más comunes [19].

Tabla 4-1. Rugosidad absoluta de materiales comunes (Pirobloc, 2020).

Material	ε [mm]
Plástico (PE, PVC)	0,0015
Fundición asfaltada	0,06- 0,18
Fundición	0,12-0,60
Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015
Fundición revestida de cemento	0,0024
Fundición centrifugada	0,003
Hormigón	0,3-3,0

4.1.2.2. *Pérdidas de carga auxiliares*

Las pérdidas de carga auxiliares H_{aux} son debidas a la velocidad del fluido en los elementos hidráulicos de la instalación necesarios para los cambios de dirección, llaves de paso y filtros.

Existe un coeficiente de pérdidas característico k de cada uno de estos elementos, los cuales son conocidos de los catálogos de fabricantes y prontuarios. Estos se aplican en la siguiente expresión:

$$H_{aux} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Siendo v la velocidad del fluido en el conducto y g la constante gravitatoria. Dando como resultado los m.c.a. equivalentes de pérdidas de carga debido al paso del fluido por estos elementos.

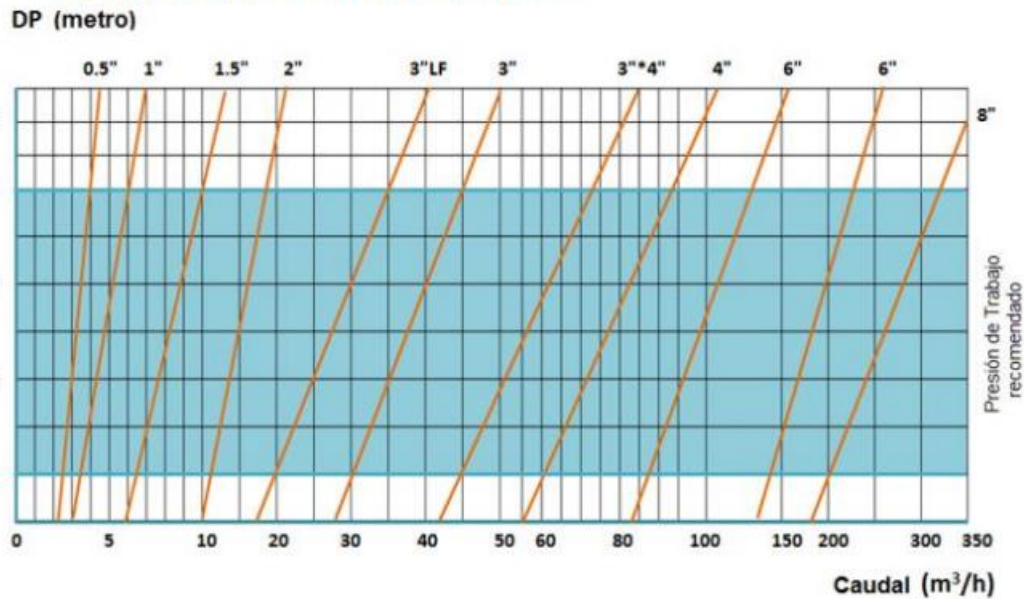
En la Tabla 4-2 se pueden observar los valores del coeficiente de pérdidas menores de los elementos más comunes en las instalaciones hidráulicas [19].

Tabla 4-2. Valores del coeficiente k en pérdidas de carga por elementos auxiliares (Pirobloc, 2020).

Elemento singular	Coeficiente k
Codo a 90° de radio corto	0,90
Codo a 90° de radio normal	0,75
Codo a 90° de radio grande	0,60
Codo a 45° de radio corto	0,45
Codo a 45° de radio normal	0,40
Codo a 45° de radio grande	0,35
Válvula de retención (abierta)	2
Válvula esférica (abierta)	10
Válvula de compuerta (abierta)	0,2
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24

La pérdida de carga en un hidrociclón se proporciona por el fabricante mediante una gráfica que nos relaciona las pérdidas con el caudal necesario, la recomendación del fabricante es la de mantener estas pérdidas entre 0.2 bar – 0.5 bar, lo que es equivalente a 2 m.c.a. – 5 m.c.a. [20]. Para la instalación, ya que el caudal dependerá de la aplicación que se realice, se escogerá un modelo de hidrociclón que mantenga las pérdidas de carga en torno al valor de 3 metros columna de agua.

Pérdida de presión a 120 micrones



Gráfica 4-1. Pérdidas de carga de un hidrociclón para partículas de 120 µm, Modelo F710-F755, marca Yamit.

El sumatorio de las pérdidas de carga debidas a tramos lineales H_{lineal} , a los elementos auxiliares H_{aux} y la altura geométrica h_2 , es conocido. Este se denomina la altura manométrica a aportar por la bomba, la cual se puede expresar también en términos de presión mediante el producto con la gravedad y densidad del fluido. Se ha obtenido de la anterior ecuación de Bernoulli, la siguiente expresión.

$$p_{bomba} = p_2 + \rho \cdot g \cdot (h_2 + H_{lineal} + H_{aux})$$

A este equivalente en presión de la altura manométrica de la bomba, se le debe añadir la p_2 conocida como la presión en la aplicación.

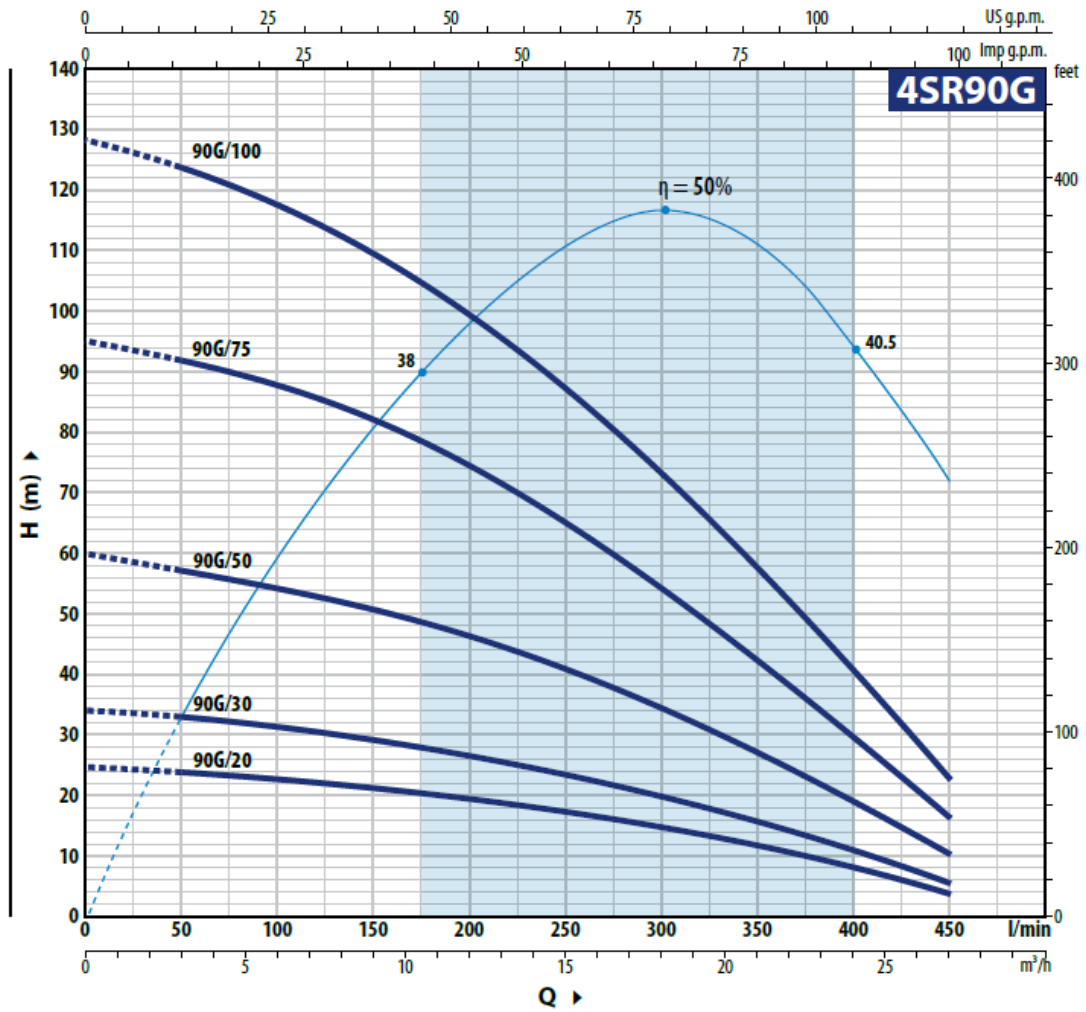
4.1.3. Selección bomba sumergible

Una vez conocida la presión p_{bomba} que deberá realizar la bomba y el caudal de agua necesario para la aplicación se puede escoger el modelo en base al punto de corte de nuestra curva resistente con la curva motriz de la bomba en la gráfica H-Q, la cual relaciona la altura manométrica y el caudal.

La potencia de la bomba sumergible va directamente proporcional a su tamaño, por lo que se deberá conocer el diámetro del pozo que puede llegar a

ser un factor limitante en la selección del modelo para cubrir la demanda de potencia.

En la Gráfica 4-2 se puede observar el trazado de las curvas características de las bombas del catálogo disponible.



Gráfica 4-2. Relación H-Q para la selección de la bomba, grupo de modelo 4SR90G, marca Pedrollo.

De donde el fabricante aporta el rendimiento del conjunto bomba-motor $\eta_{conjunto}$ según el modelo. Se debe tener en cuenta que la potencia de trabajo puede ser menor a esta en función de su punto de funcionamiento, definido por las necesidades de caudal y presión requeridas.

La potencia útil de la bomba es la que se aplica al fluido, siendo la potencia absoluta la que realmente se aporta a la alimentación de potencia de la bomba, ambos valores se relacionan con el rendimiento del conjunto sumergible.

$$P_{\text{útil}} = p_{\text{bomba}} \cdot Q$$

$$\eta_{\text{conjunto}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{elec}}} \rightarrow P_{\text{elec}} = \frac{P_{\text{útil}}}{\eta_{\text{conjunto}}}$$

Este valor de potencia P_{elec} deberá ser la que nos defina el fabricante como potencia de alimentación a su bomba sumergible, y por tanto valor para el que se deberá dimensionar la instalación fotovoltaica.

4.1.3.1. Protección ante cavitación

La colocación de la bomba en el pozo se deberá realizar de forma que no se lleguen a producir fenómenos derivados de la cavitación, la cual es consecuencia de la disminución drástica de la presión debido al paso de los alabes del rodete llegando a ser inferior a la presión de vapor del fluido, en este caso agua. La cavitación produce graves daños mecánicos a la bomba y acelera su deterioro.

El término NPSH [18] se define como la diferencia entre la presión disponible en la entrada de la bomba o punto crítico de la cara negativa de los alabes del rodete, y de la presión de vapor del correspondiente fluido a la temperatura de entrada.

En una instalación de bombeo sumergible la NPSH disponible $NPSH_{\text{disp}}$ debe ser siempre mayor a la NPSH requerida por la bomba $NPSH_{\text{req}}$ más un coeficiente de seguridad de 0.5 m.

$$NPSH_{\text{disp}} \geq NPSH_{\text{req}} + 0,5m$$

El valor de $NPSH_{\text{req}}$ es un dato aportado por el fabricante y depende de las características de la bomba.

El valor de $NPSH_{\text{disp}}$ va a depender de las características de la instalación y se define a continuación [18].

$$NPSH_{\text{disp}} = \frac{p_l - p_v}{\rho \cdot g} + h_a$$

Siendo la p_l presión sobre el líquido (1 atm, 101.325 Pa), la p_v la presión de vapor del líquido la cual depende del fluido y su temperatura, la ρ la densidad del fluido, la g constante gravitatoria y la h_a la profundidad bajo el agua a la que se

encuentra la entrada de aspiración de la bomba. Las pérdidas de carga en aspiración se consideran nulas ya que la alimentación de la bomba está sumergida y en contacto directo con el agua subterránea, la longitud de esta “tubería de aspiración” es cero.

La presión de vapor del líquido p_v viene definida por la ecuación de Antoine [21] en función de la temperatura.

$$p_v[\text{mmHg}] = 10^{\left(A - \frac{B}{C+T[^\circ\text{C}]}\right)}$$

El valor de las constantes son A (8,07131), B (1730,63) y C (233,426) para una temperatura en $^\circ\text{C}$ y una presión en mmHg.

La máxima temperatura que pueda alcanzar el agua subterránea del pozo y en su paso por la bomba será de 35°C ($994,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a dicha temperatura), siendo la máxima admisible por el conjunto de bombeo en muchos modelos. La máxima altitud en la que se va a considerar factible una instalación de este tipo será de máximo 3.000 m de altitud (70,108 kPa atmosféricos).

$$p_v[\text{mmHg}] = 10^{\left(8,07131 - \frac{1730,63}{233,426+35^\circ\text{C}}\right)} = 42 \text{ mmHg} = 5.599,53 \text{ Pa}$$

El valor de $NPSH_{disp}$ será el siguiente:

$$NPSH_{disp} = \frac{70.108 \text{ Pa} - 5.599,53 \text{ Pa}}{994,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + h_a$$

$$NPSH_{disp} = 6,615 \text{ m. c. a.} + h_a$$

Quedando en la ecuación:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req} + 0,5\text{m}$$

$$6,615 \text{ m. c. a.} + h_a \geq NPSH_{req} + 0,5 \text{ m. c. a.}$$

Siendo h_a la profundidad mínima a la que debería situarse la bomba para evitar la cavitación, en el caso más desfavorable de temperatura y altitud de la bomba.

$$h_a \geq NPSH_{req} - 6,115 \text{ m. c. a.}$$

A no ser que el valor de $NPSH_{req}$ sea lo suficientemente alto como para cambiar el signo de h_a , no existirá cavitación. El valor negativo de h_a indica que la presión atmosférica es suficiente como para poder situar la bomba a dicha distancia por encima del nivel del agua. Para el caso de este estudio, bombas sumergibles en pozos subterráneos, la cavitación no será un problema en condiciones normales de trabajo, ya que la bomba siempre estará bajo el agua.

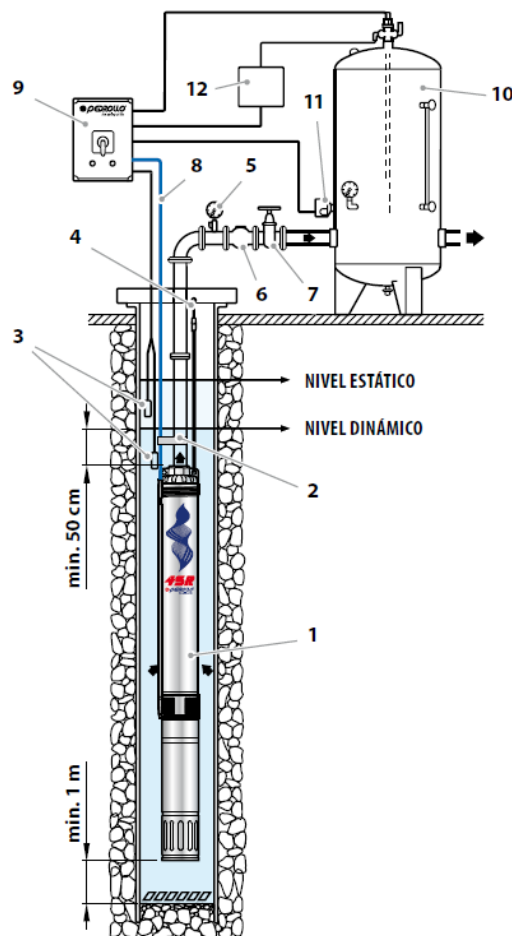


Figura 4-1. Instalación de la bomba sumergible, grupo de modelo 4SR90G, marca Pedrollo.

Es importante situar la bomba a una cierta distancia sobre el fondo del pozo, si las condiciones geométricas lo permiten, para evitar la aspiración de sedimentos que puedan generar un desgaste prematuro de la bomba o colapsar los filtros antipartículas. Dicha distancia está indicada por el fabricante en función de su capacidad de arrastre.

En la Figura 4-1 se puede observar el requerimiento de distancia mínima del fondo del pozo al punto de aspiración de este modelo de bomba y la distancia mínima a la superficie del fluido.

4.1.4. Almacenamiento de agua

Se puede dar el caso de la necesidad de almacenar agua en forma de energía potencial gravitatoria cuando el caudal de aplicación necesario sea mayor que el caudal de suministro de la bomba, para ello el agua se deberá acumular en un depósito en altura o balsa aprovechando el desnivel geográfico.

El volumen por día acumulado será definido como el caudal aportado por la bomba por el número de horas en funcionamiento seleccionado por el usuario, ajustando este valor para que el volumen aportado sea superior al caudal de aplicación por el tiempo de uso del agua acumulada.

$$V_{aportado} = Q_{bomba} \cdot t_{bomba} \geq V_{necesario} = Q_{aplicación} \cdot t_{aplicación}$$

El mismo razonamiento se deberá realizar en caso de que la aplicación se produzca con una frecuencia diferente a la diaria.



Figura 4-2. Depósito de agua de chapa, 90 m³ (Bestagar, 2022).

4.2. Dimensionado fotovoltaico

El bombeo solar alimenta el sistema de bombeo aislado únicamente con energía procedente de módulos fotovoltaicos, como se ha comentado, una de las principales razones para este uso de este tipo de bombeo es el alto coste de unir el sistema de bombeo a la red, a consecuencia de su ubicación remota.

La solución más sencilla es el bombeo directo a la aplicación con un caudal constante, pero esto no siempre es posible ya que las horas del día con mayor irradiación solar podrían ser diferentes a las de suministro, con la consecuencia de que la bomba solo funcionará cuando la irradiancia solar genere la potencia eléctrica mínima para arrancar el grupo de bombeo, a la presión mínima necesaria.

Para aprovechar al máximo las horas de irradiación solar durante el día, es común el almacenamiento de agua en depósitos en altura, de forma que un variador de frecuencia ajuste los parámetros de la bomba según la potencia eléctrica generada en los paneles, siendo diferente de la nominal. La utilización de baterías realiza la misma función almacenando la energía en celdas eléctricas que se descargarán cuando el suministro sea necesario.

4.2.1. Producción de energía eléctrica

En lugar de realizar un cálculo basado en la potencia instantánea que sea necesario aportar en un momento concreto, será más conveniente realizar el cálculo basado en la energía eléctrica consumida a lo largo del día. Una vez conocida la potencia necesaria a aportar a la bomba sumergible P_{elec} y el rango de tiempo que estará en funcionamiento al día t_{bomba} , se puede definir la energía eléctrica demandada al día de la siguiente forma.

$$E_{bomba_dia} = P_{elec} \cdot t_{bomba}$$

Cabe destacar que el rendimiento de la bomba $\eta_{conjunto}$ ya se había aplicado anteriormente en el cálculo de la potencia eléctrica ($P_{elec} = \frac{P_{\acute{u}til}}{\eta_{conjunto}}$). La energía demandada por la bomba al día se expresará en unidades de $\frac{kWh}{día}$, para poder realizar el cálculo diario en función de la irradiación solar, ya que esta no será

constante todos los días, definiendo el número de paneles según los datos obtenidos de los meses más desfavorables del año.

Se requiere que todos los módulos cumplan con las directrices de UNE-EN 61215 para los módulos constituidos de silicio cristalino, UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada. Además, es indispensable satisfacer las pautas de seguridad establecidas en UNE-EN 61730-1 y 2 para los módulos fotovoltaicos. La verificación de este requisito deberá respaldarse por un laboratorio acreditado.

El número de paneles a colocar va a depender de la elección del modelo y sus características técnicas, para este estudio se va a emplear el modelo JC335M-24/abw de la marca ReneSola, la cual cuenta con las certificaciones ISO9001, ISO14001 y OSHAS18001.

Tabla 4-3. Características técnicas del módulo solar, marca ReneSola, modelo JC335M-24.

Módulo Fotovoltaico de ReneSola	
Modelo	JC335M-24/abw
Células	72 unidades Virtus II (Policristalinas)
Potencia nominal	335 W
Dimensiones	1956 x 992 x 40 mm
Superficie	1,94 m ²
Eficiencia módulo	17,26 %

Tabla 4-4. Características eléctricas del módulo solar, marca ReneSola, modelo JC335M-24.

Electrical Characteristics STC	JC335M-24/Abw	Electrical Characteristics NOCT	JC335M-24/Abw
Maximum Power(Pmax)	335W	Maximum Power (Pmax)	247W
Power Tolerance	0 ~+5W	Maximum Power Current (Imp)	7.18A
Module Efficiency	17.26%	Maximum Power Voltage (Vmp)	34.6V
Maximum Power Current(Imp)	8.84A	Short Circuit Current (Isc)	7.64A
Maximum Power Voltage(Vmp)	38.0V	Open Circuit Voltage (Voc)	43.2V
Short Circuit Current(Isc)	9.32A		
Open Circuit Voltage(Voc)	46.4V		

Los valores de STC (Standard Test Conditions) se obtienen con una irradiancia solar de 1 kW/m², AM 1 y a una temperatura de las celdas fotovoltaicas de 25°C.

Lo valores de NOCT (Normal Operating Cell Temperature) se obtienen con una irradiancia solar de 0,8 kW/m², AM 1.5 y a una temperatura ambiente con el valor de 20°C.

Los valores de potencia nominal que especifica el proveedor son específicos de un valor de irradiación solar obtenido en condiciones de ensayo. Para conocer la potencia eléctrica que se genera en cada módulo fotovoltaico en función de la irradiación solar G_{solar} , se deberá emplear la siguiente expresión, la cual está aplicada a términos de energía generada al día.

$$E_{módulo_día} = A_{módulo} \cdot G_{solar} \cdot \eta_{módulo} \cdot \eta_{inst}$$

El área $A_{módulo}$ y eficiencia $\eta_{módulo}$ del panel solar son características definidas por el modelo empleado, siendo la eficiencia de la instalación η_{inst} un factor corrector que se relaciona con las pérdidas de potencia debido a factores externos, tales como: suciedad en la superficie de los paneles, pérdidas debido a la dispersión de energía de los componentes, rendimiento de otros componentes tales como el VDF o elementos de protección y pérdidas debido a la temperatura de las placas en la ubicación de trabajo.

Los valores comunes según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (PCT-A-REV - febrero 2009) del IDAE son los definidos como $\eta_{inst} = 0,7$ para sistemas con inversor y $\eta_{inst} = 0,6$ para sistemas con inversor y un conjunto de baterías.

El número de paneles necesarios se obtendrá como el cociente entre la energía demandada al día $E_{bomba_día}$ y la energía producida por cada módulo fotovoltaico empleado $E_{módulo_día}$.

$$n_{placas} = \frac{E_{bomba_día}}{E_{módulo_día}}$$

Redondeando al valor inmediatamente superior del valor obtenido para no subdimensionar la instalación. La elección del número de paneles a instalar

variará según el valor de irradiación solar el cual no será estable a lo largo del año, eligiendo el mayor número de estos para que la instalación pueda seguir funcionando en los meses más desfavorables, es decir los de invierno.

4.2.2. Orientación e inclinación de los paneles solares

Para obtener la máxima productividad de los paneles solares es necesario que estos se encuentren orientados adecuadamente y con el grado de inclinación óptimo, buscando siempre que los rayos de sol incidan de forma perpendicular a la superficie de los módulos.

La orientación del panel se determina por el ángulo de azimut, conocido como el ángulo " γ ", el cual se define como el ángulo medido en grados en el plano horizontal, generalmente desde el norte en sentido horario. Durante los equinoccios, el sol se eleva directamente en el este y se pone en el oeste, independientemente de la latitud. Por lo tanto, el ángulo azimut es de 90° al amanecer y 270° al atardecer. En general, los paneles se orientan al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio sur para captar la máxima cantidad de irradiación solar.

La inclinación de los paneles se define como el ángulo del panel sobre la horizontal del suelo, conocido como el ángulo " β ". Esta dependerá de la latitud a la que se encuentre la instalación y la estación del año en la que se quiera maximizar la producción eléctrica.

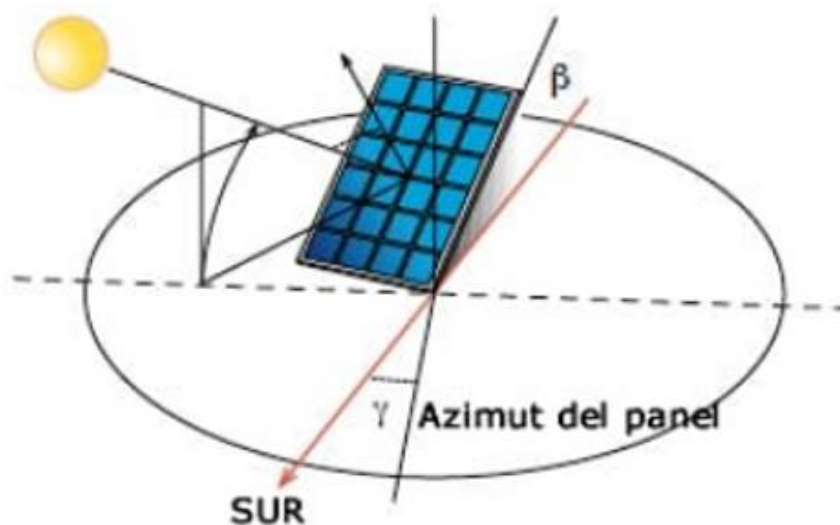


Figura 4-3. Ángulo de azimut e inclinación de los paneles solares (AutoSolar, 2023).

El ángulo de inclinación se calcula de la siguiente forma según la estación del año:

$$\text{Invierno: } \beta = \text{Grados de latitud} \cdot 0,9 + 29 \text{ grados}$$

$$\text{Verano: } \beta = \text{Grados de latitud} \cdot 0,9 - 23,5 \text{ grados}$$

Se realiza una media entre ambos valores si se quiere maximizar la producción durante todo el año, aunque la situación ideal sería una inclinación variable de los paneles según el mes del año mediante un sistema de control [16].

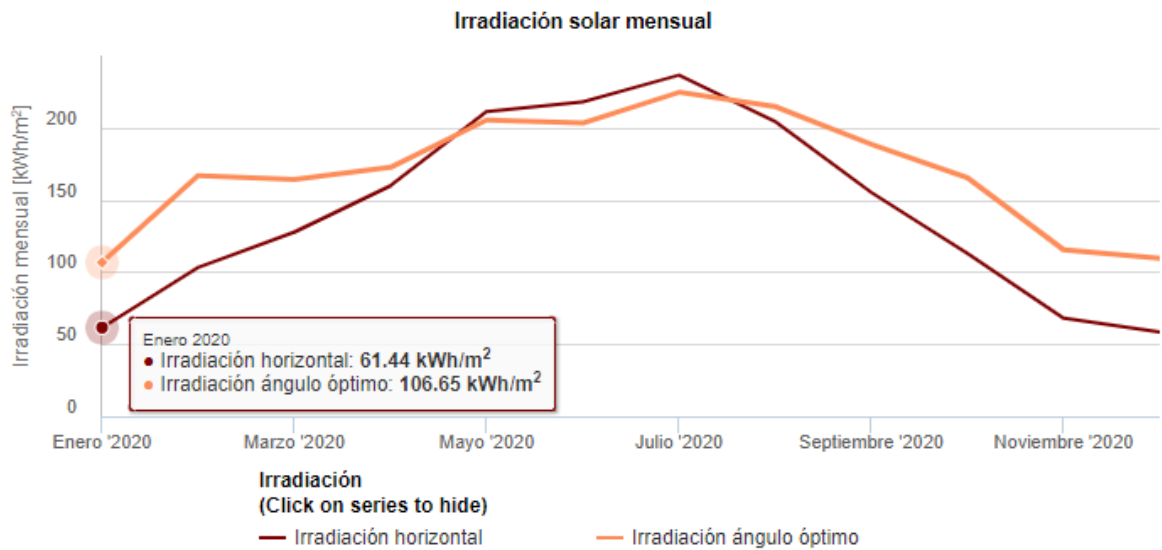
4.2.3. Irradiación solar

Para conocer los datos de irradiación solar al día se usará la herramienta PVGIS la cual aporta datos de casi toda la superficie terrestre. Se debe diferenciar entre estos dos conceptos.

- Irradiancia (I) es la cantidad de energía o potencia que llega a una superficie en un período determinado, expresada en unidades de potencia por unidad de área y tiempo. Esta magnitud se cuantifica en W/m^2 .
- Irradiación (G) se refiere a la cantidad de energía que llega a una superficie por cada unidad de área durante un periodo específico. Esta cantidad se cuantifica en unidades de energía por unidad de área y tiempo, como kWh/m^2 .

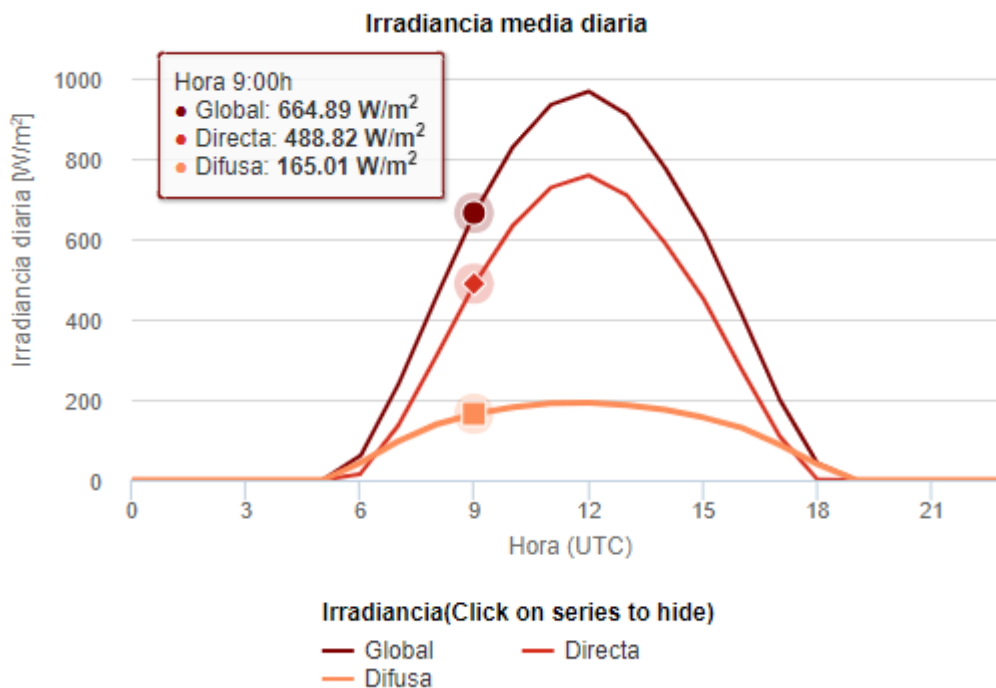
La potencia eléctrica necesaria se ha calculado en las mismas unidades por unidad de tiempo para facilitar el dimensionamiento, siendo estas kWh/día . Por lo que se deberá obtener el valor de irradiación solar al día para cada ubicación de la aplicación que se vaya a realizar. La herramienta PVGIS aporta valores de irradiancia, a la que luego se puede aplicar en otras escalas de tiempo [20].

La herramienta PVGIS también permite optimizar el ángulo de inclinación β y el ángulo de azimut γ para la ubicación escogida, por lo que permite corroborar el cálculo del ángulo de inclinación de las placas.



Gráfica 4-3. Irradiación solar mensual en Zaragoza, para el ángulo optimizado azimut -2° e inclinación 36°. Base de datos PVGIS-SARAH2, 2020.

Se obtienen los datos de irradiación mensual para una configuración específica de ángulos de los paneles solares, estos valores mensuales de irradiación se pueden traspasar a valores diarios según el número de días de cada mes y con el valor de irradiación diaria G_{solar} , obtener la energía diaria generada por cada módulo $E_{módulo_dia}$.



Gráfica 4-4. Irradiación solar horaria en Zaragoza un día de agosto, para la configuración optimizada. Base de datos PVGIS-SARAH2, 2020.

Para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, se empleará el valor de irradiación solar obtenido a partir de la irradiancia global, la cual es la suma de la directa, proveniente directamente del sol, y de la difusa, radiación que procede de la luz dispersada por la atmósfera. Se puede observar que las 12 del mediodía es la hora con mayor irradiancia del día.

4.2.4. Influencia de la temperatura

La ficha técnica de fabricante de módulos solares incluye unos factores de corrección de tensión, intensidad y potencia en función de la diferencia de temperatura del panel solar en la ubicación y la temperatura del panel en condiciones de ensayo.

Tabla 4-5. Factores de corrección de las características eléctricas del módulo solar según temperatura, marca ReneSola, modelo JC335M-24.

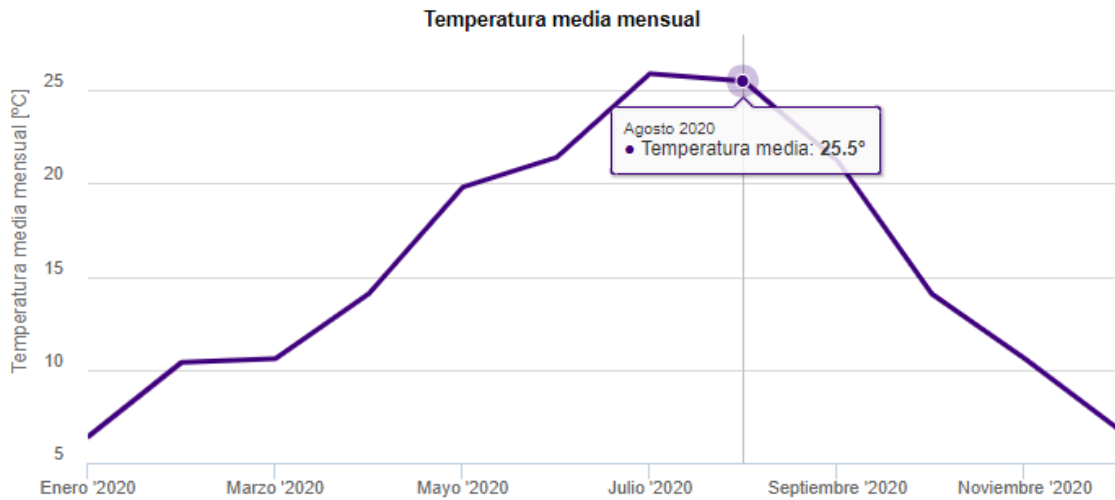
Characteristics	
Temperature Coefficient of Voc	-0.30% /°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04% /°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40% /°C
Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	45°C ± 2°C

Los valores de temperaturas máximas y mínimas también se pueden obtener de la herramienta PVGIS, ya que esta magnitud influye en el funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas.

El cálculo de la temperatura del panel solar viene expresado en función de la temperatura ambiente T_{amb} , la temperatura del módulo en NOTC T_{NOTC} , la irradiancia exterior I_{ext} e irradiancia de ensayo NOTC I_{NOTC} de la siguiente forma.

$$T_{módulo} = T_{amb} + I_{ext} \cdot \frac{T_{NOTC} - T_{amb (NOTC)}}{I_{NOTC}}$$

Siendo para esta placa de ReneSola una temperatura de módulo en NOTC de 45 °C según lo descrito en el modelo. Las condiciones del ensayo NOTC serían una irradiancia I_{NOTC} de 800 W/m² y una temperatura ambiente en el ensayo $T_{amb (NOTC)}$ de 20 °C, valores descritos en el ensayo.



Gráfica 4-5. Temperaturas medias mensuales en Zaragoza. Base de datos PVGIS-SARAH2, 2020.

Conocido el valor de la temperatura del módulo, se puede calcular la influencia de esta sobre los valores nominales de la placa solar en condiciones NOTC.

Para la tensión del módulo solar $V_{mp}(T)$ se obtendrá:

$$V_{mp}(T) = V_{mp} + V_{mp} \cdot C_{fVmp} \cdot (T_{\text{módulo}} - T_{\text{amb (NOTC)}})$$

Siendo el valor de la tensión máxima V_{mp} , el coeficiente corrector de temperatura para tensión disponible en la Tabla 4-5 C_{fVmp} y los valores de temperatura los descritos anteriormente.

Para la intensidad del módulo solar $I_{mp}(T)$ se obtendrá:

$$I_{mp}(T) = I_{mp} + I_{mp} \cdot C_{fImp} \cdot (T_{\text{módulo}} - T_{\text{amb (NOTC)}})$$

Siendo el valor de la tensión máxima V_{mp} , el coeficiente corrector de temperatura para tensión disponible en la Tabla 4-5 C_{fImp} y los valores de temperatura los descritos anteriormente.

La potencia máxima del panel con la corrección de temperatura $P_{mp}(T)$ será la siguiente:

$$P_{mp}(T) = V_{mp}(T) \cdot I_{mp}(T)$$

Esta corrección se deberá realizar tanto para la temperatura mínima como máxima anual de la ubicación proporcionada por PVGIS, para comprobar que

los rangos de potencia proporcionada son adecuados, así como que los valores de tensión e intensidad sean admisibles por el variador de frecuencia que controla la bomba trifásica.

4.2.5. Conexión de módulos fotovoltaicos

El conexionado de los módulos fotovoltaicos se va a realizar de forma que se consiga una tensión e intensidad admisible por el VDF, funcionando en el punto de máxima potencia. Para ello se realizará una conexión de módulos en serie para conseguir la tensión adecuada y esta hilera se replicará para conseguir la intensidad correspondiente que proporcione la potencia demandada por la bomba.

Para el conexionado de los módulos se deberá conocer la tensión CC de entrada del VDF, como ejemplo se va a suponer que la potencia de la aplicación es de 2 kW, por lo que uno de los modelos posibles sería el Variador De Frecuencia VDSUN-B 0022-2 de 2.2kW de la marca VDSUN, modelo 01VDS00B0022230, el cual tiene integrada la tecnología VI MPPT y está preparado el control de bombas trifásicas o monofásicas de 220 V o 380 V.

Cuenta con los siguientes requerimientos de alimentación de entrada (DC):

- Voltaje máx. CC: 450 V
- Voltaje mínimo de trabajo: 160 V
- Tensión de entrada recomendada: 360-430 V
- Corriente nominal CC: 12 A

Se puede observar que para una potencia de 2,2 kW y una corriente de 12 A, la tensión mínima que se debería sacar del conjunto solar es 180 V para no sobrecargar el dispositivo.

Para procurar tener como tensión de salida de los módulos unos 360 V recomendados, se deberá realizar el cálculo con la tensión máxima en condiciones normales de trabajo NOTC del panel y el número de elementos en serie.

$$N_{serie} = \frac{V_{VDF}}{V_{mp}} = \frac{360 V}{34,6 V} \approx 10 \text{ módulos}$$

Se debería tomar el valor de tensión máxima con corrección de temperatura $V_{mp}(T)$ pero lo podemos obviar para este paso al tratarse de una aproximación. Aunque en la realidad este valor de tensión que proporciona cada módulo varíe por variaciones de irradiación o temperatura, el rango de entrada del VDF va de 160 a 450 V, por lo que el valor se encontrará en el rango admisible.

Para alcanzar la potencia eléctrica demandada de la bomba, se replicarán en paralelo tantas hileras de paneles en serie como sea necesario, de forma que, una vez fijada la tensión, se alcance la intensidad correspondiente.

Se deberá comprobar la intensidad máxima y tensión obtenida del conjunto de módulos con la influencia de la temperatura mínima y la máxima del año para cada caso práctico, con el fin de asegurar que nos encontramos en el rango admisible de entrada de alimentación al VDF. Así como de la potencia real obtenida en el caso más desfavorable para ambas temperaturas.

En el caso de necesitarse un número de paneles no múltiplo de 10 módulos, o los necesarios para alcanzar la tensión de entrada al VDF, se colocarán ambas hileras en paralelo agrupando las que tienen el mismo número de módulos, es decir misma tensión resultante de la hilera en serie, bajo el mismo regulador MPPT de la entrada del VDF y la otra agrupación con distinta tensión resultante, a un MPPT distinto del variador.

4.2.6. Apoyo con baterías

Se puede afirmar que la energía solar fotovoltaica no es constante a lo largo del día ya que depende directamente de la meteorología, para garantizar la autonomía del sistema de bombeo, adicionalmente se estudia la posibilidad de añadir baterías al modelo.

Las primeras características que se deberán conocer son los días de autonomía que se espera que tenga el sistema de bombeo, además de la energía requerida diariamente para el dimensionamiento de la capacidad del conjunto de baterías. Se suele procurar que los sistemas de bombeo solar tengan una autonomía de entre 2 y 5 días.

Se conoce de cálculos anteriores los kWh necesarios cada día para la alimentación de la bomba E_{bomba_dia} por lo que se estima el almacenamiento de las baterías con la siguiente operación.

La capacidad de las baterías $C_{batería}$ se miden en amperios hora Ah, por lo que será necesario pasar de términos de energía a capacidad por medio del voltaje de la batería $V_{batería}$. La profundidad de descarga indica el nivel máximo recomendable a la que la batería podría llegar a descargarse para no llegar al riesgo de un deterioro prematuro, esto se conoce como “*Depth of Discharge*” (*DOD*). Por otro lado, se debe aplicar un factor de corrección correspondiente al deterioro de las baterías con el paso de años y el número de ciclos que realizan. Para las baterías de plomo ácido este factor de corrección f_{cor} toma un valor de 1,2 según el distribuidor de sistemas eléctricos solares Atersa [23].

$$C_{batería} = \frac{E_{bomba_dia} \cdot n_{días} \cdot f_{cor}}{V_{batería} \cdot DOD}$$

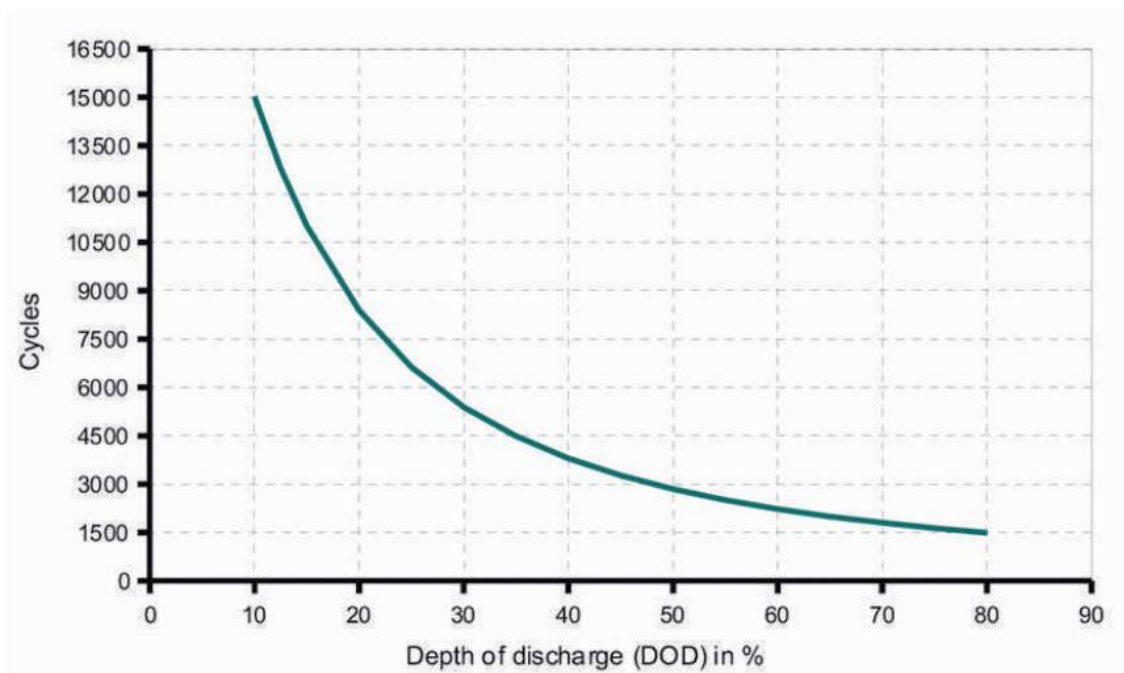
De esta operación se obtienen los Ah necesarios para la autonomía del sistema, conectando en paralelos el conjunto de baterías necesario.

Se debe procurar no escoger un DOD superior al 50% para las baterías, ya que afecta significativamente al número de ciclos que es capaz de realizar y, por tanto, a su vida útil antes de ser reemplazadas.

En la Gráfica 4-6 se muestra la relación entre la profundidad de descarga de la batería y el número de ciclos que puede realizar el modelo 440.12.3-150VS, Batería 12V 3 PVV 210 SOLAR de 210 Ah, de la marca BAE.

Cabe destacar que un ciclo se considera la suma de cada profundidad de descarga de la batería hasta alcanzar su capacidad nominal.

Las tensiones de baterías más comunes son de 12 V, 24 V y 48 V, en función de la cantidad de energía que almacenen.



Gráfica 4-6. Relación números de ciclos y DOD de la Bat. 12V 3 PVV 210 SOLAR, marca BAE.

En la siguiente figura se puede observar cómo sería la conexión de los componentes para una instalación de bombeo solar con apoyo de baterías, empleando en este caso un VDF cuyo rango entrada en corriente continua incluya la tensión de salida de las baterías.

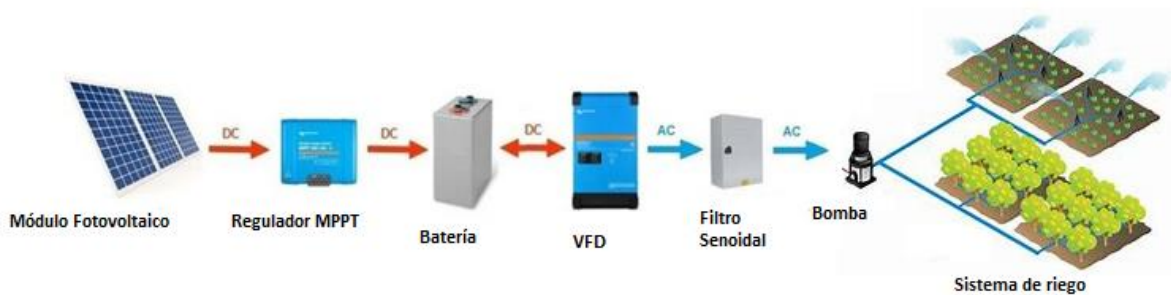


Figura 4-4. Esquema de conexión para bombeo solar con baterías.

5. SIMULACION DE OPERACIONES

En este apartado se ha realizado la implantación de los modelos matemáticos en Simulink y se ha organizado la estructura de bloques del programa. Además, se llevan a cabo varias simulaciones en las que se aplica el modelo desarrollado a casos prácticos

5.1. Esquema del modelo

El modelo consta de una portada decorativa que da imagen al bloque del modelo de bombeo solar en Simulink.

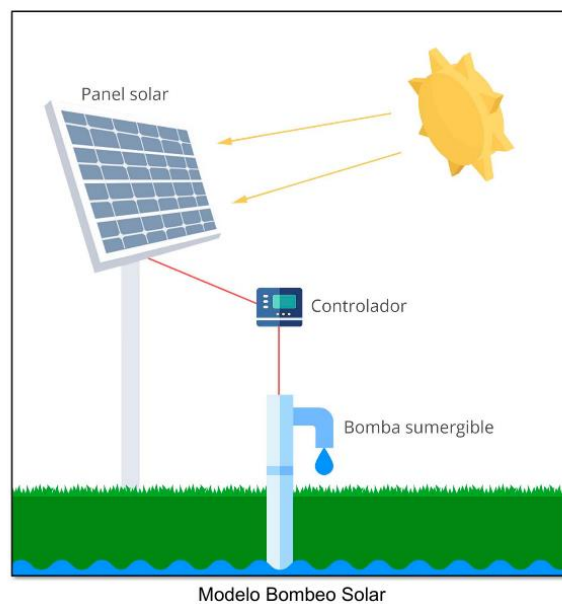


Figura 5-1. Portada del modelo de bombeo solar en Simulink.

Al seleccionar o “clicar” sobre el bloque se muestran los dos bloques principales del modelo, el primero “Bomba Hidráulica” donde se realizan todos los cálculos referentes a la potencia eléctrica demandada por la bomba sumergible, dato que se lleva al bloque “Módulo Fotovoltaico”, donde se dimensiona el conjunto fotovoltaico para abastecer dicha potencia demandada.

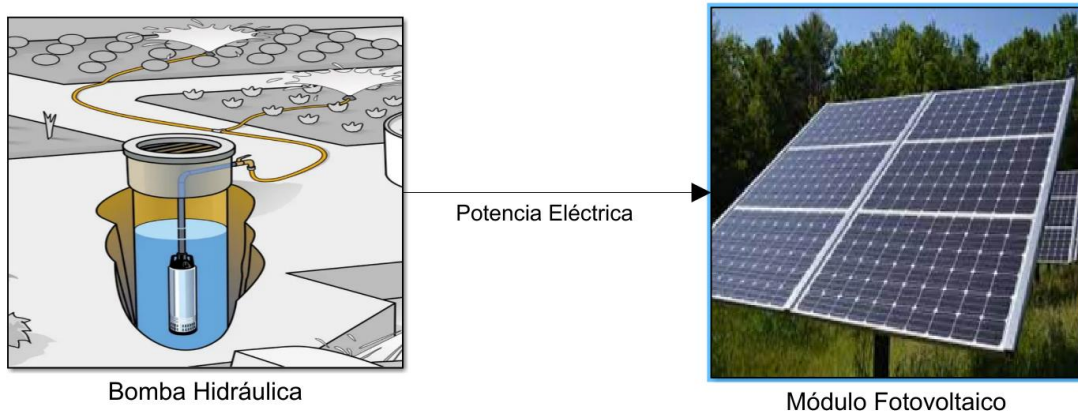


Figura 5-2. Bloques principales del modelo de bombeo solar.

El esquema de bloques del modelo desarrollado en Simulink se puede observar en la Figura 5-3, donde se ve la jerarquía de los diferentes bloques de cálculo empleados.

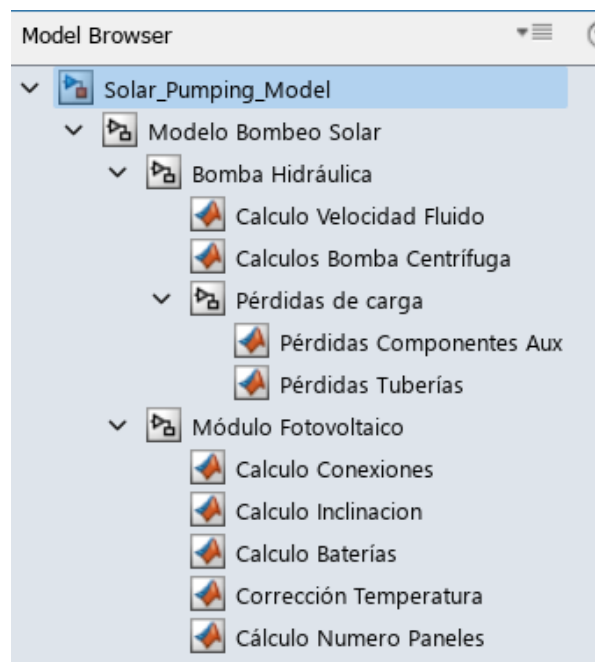


Figura 5-3. Esquema del modelo en Simulink.

La implantación de los modelos matemáticos desarrollados en el anterior apartado se especifica en el ANEXO A. IMPLANTACIÓN EN SIMULINK por el motivo de no llevar la memoria a una extensión excesiva.

Se describirá a continuación la aplicación del modelo obtenido en Simulink a diferentes casos prácticos a modo de ejemplo para poder observar la necesidad fotovoltaica.

5.2. Cultivo hortícola

En este apartado se va a aplicar el modelo obtenido a unas necesidades de agua para regadío de un huerto situado en la localidad de Cerbón, Soria. Ubicación con una latitud de 41.929° y longitud de -2.169° , además de una temperatura media mensual máxima y mínima de 20°C y -1°C , respectivamente (PVGIS-SARAH2, 2020).

En la que estando en una ubicación aislada de la red se quiere instalar un sistema de bombeo solar, para poder abastecer un cultivo de tomate que consta de 1 hectárea (ha). Se dispone de una fuente de agua subterránea a 60 m de profundidad, con la superficie de regadío como referencia, a la que se accede mediante un pozo vertical, con la idea de extraer el agua con una bomba hidráulica sumergible.

Para evitar el uso de baterías debido a su alto costo, se plantea la instalación de un depósito en altura sobre la superficie de regadío a unos 15 metros sobre el suelo aprovechando un desnivel geográfico, de forma que la altura del depósito sirva para poder aplicar la presión necesaria, de unos 1,2 bar, en los goteros de riego.

Se cuenta con un diseño de la instalación hidráulica para la aplicación, de forma que existen una suma de 200 m de tubería en tramos lineales, de 5 cm de diámetro, en acero comercial de una rugosidad absoluta de 0,03 mm asfaltada, 6 codos de cambio de dirección a 90° , 2 codos de cambio de dirección a 45° , 3 válvulas de corte, 1 válvula de retención y un hidrociclón.

Como el agua bombeada se lleva a un depósito en altura, la presión manométrica en el punto de aplicación será nula, únicamente la atmosférica.

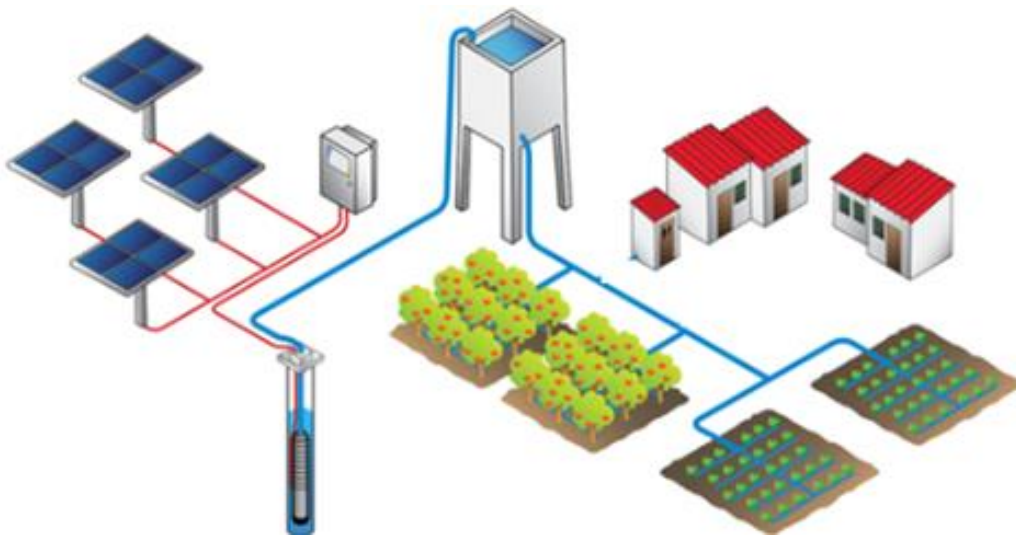


Figura 5-4. Planteamiento del caso de riego a estudiar.

5.2.1. Caudal necesario

El primer dato que se requerirá para comenzar el cálculo de la instalación es el caudal en unidades de m^3/h necesarios a aportar por la bomba, para ello es necesario partir del consumo de agua diario por la planta de tomate, obtenido de la Tabla 5-1 que se muestra a continuación.

Tabla 5-1. Necesidades hídricas del tomate (Mula, 2021)

**CONSUMO MEDIO DE AGUA
-TOMATE-**

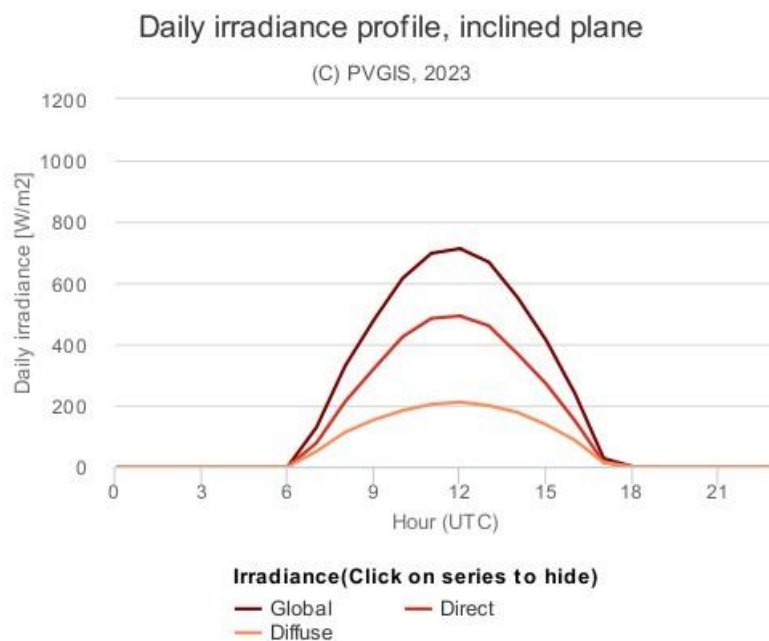
[litros/ m^2 día]

MES	SEMANA	FECHAS DE TRANSPLANTE			
		2ª quincena Agosto	1ª quincena Septiembre	2ª quincena Septiembre	1ª quincena Octubre
AGOSTO	del 16 al 23	0,70			
	del 24 al 31	0,72			
SEPTIEMBRE	del 01 al 07	1,68	0,69		
	del 08 al 15	2,48	0,66		
	del 16 al 23	3,09	1,24	0,57	
OCTUBRE	del 24 al 31	3,41	1,78	0,51	
	del 01 al 07	3,57	2,25	0,87	0,45
	del 08 al 15	3,04	2,38	1,21	0,38
	del 16 al 22	2,75	2,59	1,54	0,49
NOVIEMBRE	del 23 al 30	2,39	2,39	1,72	0,80
	del 01 al 07	2,04	2,04	1,72	0,94
	del 08 al 15	1,84	1,84	1,76	1,05
	del 16 al 23	1,70	1,70	1,70	1,15
	del 24 al 31	1,41	1,41	1,41	1,08
DICIEMBRE	del 01 al 07	1,17	1,17	1,17	0,99
	del 08 al 15	1,09	1,09	1,09	1,00
	del 16 al 22	0,99	0,99	0,99	0,98
	del 23 al 30	0,97	0,97	0,97	0,97
ENERO	del 16 al 23	0,99	0,99	0,99	0,99
	del 16 al 23	1,05	1,05	1,05	1,05
	del 16 al 23	1,03	1,03	1,03	1,03
FEBRERO	del 16 al 23	1,14	1,14	1,14	1,14
	del 01 al 07	1,31	1,31	1,31	1,31
	del 08 al 15	1,33	1,33	1,33	1,33
	del 16 al 23	1,39	1,39	1,39	1,39
MARZO	del 24 al 31	1,39	1,39	1,39	1,39
	del 01 al 07	1,48	1,48	1,48	1,48
	del 08 al 14	1,63	1,63	1,63	1,63
	del 14 al 21	1,93	1,93	1,93	1,93
	del 22 al 28	2,07	2,07	2,07	2,07
ABRIL	del 01 al 07	2,42	2,42	2,42	2,42
	del 08 al 15	2,59	2,59	2,59	2,59
	del 16 al 23	2,85	2,85	2,85	2,85
	del 24 al 31	3,02	3,02	3,02	3,02

Se puede observar que la máxima demanda de agua se produce en octubre con unos 3,57 l/m² al día, y una mínima de unos 2,39 l/m² al día. Para el dimensionamiento se usará la media del consumo de agua en este mes, la cual resulta en 2,98 l/m². Por lo que contando con una extensión de 1 ha, lo que corresponde a 10.000 m², hace una necesidad de 29.800 l/día. Como es sabido la energía fotovoltaica depende directamente de la meteorología, por lo que calculará una capacidad del depósito para poder regar de forma independiente durante al menos 3 días, requiriendo un depósito de 89,4 m³.

Para llenar este depósito se contará con la bomba sumergible alimentada por los módulos fotovoltaicos, la cual deberá ser capaz de llenar el depósito en 2 días durante las horas de luz solar de octubre en Cerbón.

Tabla 5-2. Horas de luz solar en octubre en Cerbón (PVGIS-SARAH2, 2020).



Se observan unas 10 horas de irradiación solar, por lo que la bomba deberá ser capaz de suministrar esos 89,4 m³ en 20 horas de los 2 días de reabastecimiento, lo que resulta en un caudal de 4,47 m³/h.

Se observa del PVGIS que, para ese mes de octubre de mayor demanda de agua, el valor de irradiación media diaria es de 5,206 kWh/m² (fuente PVGIS-SARAH2 2020) con una radiancia media diaria de 533,25 W/m², además de una temperatura promedio de 9,5°C para octubre.

5.2.2. Parámetros hidráulicos

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de entrada al bloque de cálculo de la bomba hidráulica y los valores obtenidos de salida.

Tabla 5-3. Datos bomba hidráulica. Cultivo hortícola.

Bloque: Bomba hidráulica			
Datos entrada		Datos salida	
Caudal	4,47 m ³ /h	Velocidad fluido	0,6324 m/s
Diámetro tubería	5 cm	Potencia bomba	3,275 kW
Rendimiento bomba	30 %	Par eje bomba	20,85 Nm
Presión aplicación	0 bar	Δ Presión bomba	7,912 bar
Densidad agua	998,20 kg/m ³	Δ Presión bomba	80,8 m.c.a.
Altura	60 m + 15 m	Pérdida carga lineal	2,022 m.c.a.
Revoluciones bomba	1500 rpm	Pérdida carga aux	3,781 m.c.a.
Rugosidad Abs. Tubería	0,03 mm	Pérdida carga total	0,5682 bar
Longitud Tubería	200 m	Pérdida carga total	5,802 m.c.a.
Viscosidad Cinemática	1.0034 · 10 ⁻⁶ m ² /s	Factor fricción <i>f</i>	0,0248
Nº Codos 90°	6	Reynolds	31510
Nº Codos 45°	2		
Nº Válvulas Corte	3		
Nº Válvula Retención	1		
Pérdidas Hidrociclón	3 m.c.a.		

Para la elección de la bomba se tendrá en cuenta el caudal (4,47 m³/h) que debe aportar y el incremento de presión a realizar por la bomba (80,8 m.c.a.) a elegir en el catálogo disponible de Pedrollo, en el cual viendo la Gráfica 4-2, se puede observar que la bomba 4SR90G/75 cumple con los requerimientos de la aplicación.

5.2.3. Parámetros fotovoltaicos

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de entrada al bloque de cálculo de los módulos solares y los valores obtenidos de salida, se calcula para las características del modelo JC335M-24/abw de la marca ReneSola.

Tabla 5-4. Datos bomba hidráulica. Módulo Fotovoltaico.

Bloque: Módulo Fotovoltaico			
Datos entrada		Datos salida	
Latitud	42°	Inclinación opt. anual	40,5°
Irradiación solar diaria	5,206 kWh/m ²	Número paneles	19
Área módulo solar	1,94 m ²	Numero paneles serie	11
Eficiencia módulo solar	17,26 %	Tensión de la serie	381,9 V
Eficiencia instalación solar	70 %	Numero hileras paralelo	1,727
Horas bomba al día	10 h	Energía bomba día	32,75 kWh
Radiancia solar	533,25 W/m ²		
Temperatura ambiente	9,5°C	T ^a módulos solares	18,88 °C
Temperatura NOTC	45°C		
Vmp	34,6 V	Vmp con T ^a	34,72 V
Coeficiente Vmp	-0,3 %		
Imp	7,18 A	Imp con T ^a	7,177 A
Coeficiente Imp	0,04 %		
Vmed estimada VDF	360 V		
Potencia bomba	3,275 kW	Potencia Instalación Fotovoltaica	4,734 kW
Autonomía con baterías	2 días	Capacidad Conjunto	4094 Ah
DOD	40 %		
Tensión batería	48 V	Número de baterías	4
Factor corrección	1,2		
Capacidad batería	1200 Ah		

Se omiten el cálculo de baterías ya que en su lugar se almacena el agua en el depósito de 89,4 m³, una opción mucho más económica.

El ángulo de inclinación recomendado por el PVGIS es de 37° y el de azimut de -6°, valores similares a los obtenidos mediante el modelo de Simulink.

Vistos los resultados se debe comprobar que la tensión de la serie se encuentra en el rango de entrada de alimentación del VDF.

El número de hileras en paralelo es un valor orientativo, para este caso se deberán colocar 11 paneles en serie como indica el modelo, con un valor de tensión de hilera de 381,9 V en una de las entradas MPPT al VDF, en otra entrada MPPT se deberán colocar los 8 paneles restantes en serie con una tensión de hilera de 277,76 V. Es decir, el VDF tendrá dos entradas con diferente regulador MPPT en cada una para poder incorporar ambas potencias en paralelo, siendo estas a distintas tensiones.

Cabe destacar que los valores característicos de los paneles se han obtenido de la hoja técnica del modelo JC335M-24/abw de la marca ReneSola, en el caso de realizar el cálculo para otro tipo de panel, se deberán modificar los valores correspondientes en las entradas del modelo.

Para este caso, el VDF a emplear será el modelo S100 IP66, con la referencia LSLV0055S100-2EXNNS capaz de administrar 5,5 kW, con una intensidad máxima de 24 A, siendo el rango admisible de entrada entre 260 V y 400 V de corriente continua procedente de los paneles solares.

De acuerdo con el previo diagrama unifilar, se añade un filtro senoidal trifásico de tensión para salida de variadores de frecuencia de motores 5,5 kW / 7,5 CV 152 A antes de la conexión a la bomba trifásica, del distribuidor GemaSolar.

En el ANEXO C. PRESUPUESTO MATERIAL se encuentra un presupuesto orientativo del coste material de la instalación del caso simulado.

5.3. Granja de ganado

En este apartado se va a aplicar el modelo obtenido a unas necesidades de agua para una granja de ganado situada en la localidad de La Coronada, Badajoz. Municipio con una latitud de 38.917° y una longitud de -5.669° , además de una temperatura media mensual máxima y mínima de 31°C y $9,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, obtenido del PVGIS-SARAH2 2020.

En la que, estando en una ubicación aislada de la red, se quiere instalar un sistema de bombeo solar para poder abastecer una granja porcina de unas 1.500 cabezas de ganado. Se dispone de una fuente de agua subterránea a 50 m de profundidad, con la superficie como referencia, a la que se accede mediante un pozo vertical, con la idea de extraer el agua con una bomba hidráulica sumergible.

Se estudia la alternativa de almacenamiento de energía, tanto en baterías, como en un depósito de agua, estando este a un metro sobre el nivel de agua del abrevadero del ganado. No se requiere apenas de presión hidráulica para llevar agua a la fuente, por lo que no es necesario almacenar el fluido en altura hidrostática.

Se cuenta con un diseño de la instalación hidráulica para la aplicación, de forma que existen una suma de 150 m de tubería en tramos lineales, de 5 cm de diámetro, en acero comercial de una rugosidad absoluta de 0,03 mm asfaltada, 4 codos de cambio de dirección a 90° , 2 codos de cambio de dirección a 45° , 4 válvulas de corte, 1 válvula de retención y 1 hidrociclón.

Como el agua bombeada se lleva a un depósito o directamente al abrevadero de ganado, la presión manométrica en el punto de aplicación será nula, siendo únicamente la atmosférica.

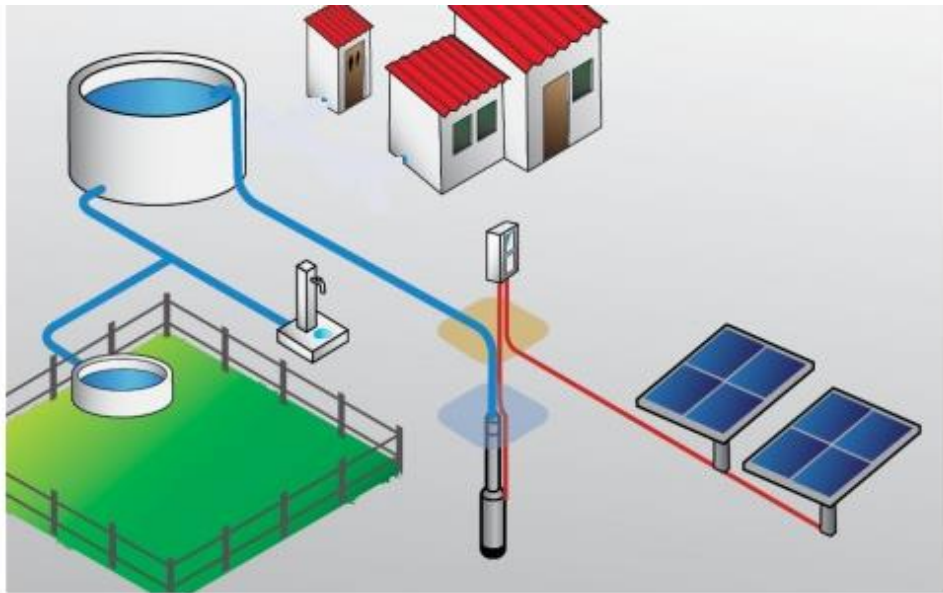


Figura 5-5. Planteamiento del caso de abrevadero a estudiar.

5.3.1. Caudal necesario

El primer dato que se requerirá para comenzar el cálculo de la instalación es el caudal en unidades de m³/h necesarios a aportar por la bomba, para ello es necesario partir del consumo de agua diario por granja de cerdos, obtenido de la Tabla 5-5 que se muestra a continuación.

Tabla 5-5. Estimaciones de consumo de agua en cerdos según estadio productivo (De Blas y Garrido, 2012).

Animal y fase productiva	Rango de pesos y edad media	Ensminger y Olentine (1978)	ARC (1981)*	INRA (1984)*	Ministry of Environment (1996)	Massabie (2001)*	Trama (2003)*	Ward y McRague (2007)*	MARM (2007)	NRC (2012)*	Valores medios
Recién destetado	7 a 20 kg (45 días)	2,45 (1,1 - 3,8)	1,75 (1,5 - 2)	1,75 (1,5 - 2)		2,30 (0,9 - 3,7) (A)		2 (1,0 - 3,2)	3 (2,7 - 3,3)	0,94 (A) (0,49 - 1,46)	1,57
Precebo	20 a 50 kg (47 días)		3 (A) (1,82 - 4,18)		5,10 (2 - 8)		3	4,50 (3,2 - 7,3)			
Crecimiento	50 a 80 kg (43 días)	4,67 (3,25 - 6,10)		5,50 (4 - 7)		6,34 (3,82 - 8,86) (A)	6		8,30 (7,5 - 9,1)	3,63 (B) (0,67 - 5,58)	6,02
Terminado	80 a 100 kg (30 días)						12	9 (7,3 - 10)			
Cerda recria	125 kg (188 días)					10,44 (A)					10,44
Cerda vacía	(110 días)	9,50 (5,7 - 13,3)					11,60			11,50	10,80
Cerda gestante	150 a 250 kg (114 días)	17,10 (15,2 - 19)		10 (A)	17 (11 - 25)		15,60	15 (13,6 - 17,2)		15 (10-20)	16
Cerda lactante	(28 días)	22 (19 - 25)	18 (B) (13 - 20)	21,40 (A)			19,40	20 (C) (18,1 - 22,7)		18 (12 - 25)	19
Verraco	160 a 270 kg (265 días)								16,40 (14,8 - 18,0)	15 (C)	15,70

¹Categoría rango de peso estimado según MARM (2010).

*ARC: (A) Calculado mediante la ecuación Aumaitre (1990) ($T = 248,7/W + 79,7$). (B). Similar en verano e invierno. *INRA: (A) Con un consumo de 4 a 4,5 L/kg de MS ingerida (el primer valor se refiere a las gestantes y el segundo a las lactantes, con un consumo de pienso (Kg/día) de 2,5 y 4,75 respectivamente. *Massabie: Rangos obtenidos a partir de la ecuación de Patrick ($y = 0,063 x + 2,564$). *Ward y McRague: (A) Resultados de los animales / medio ambiente y gestión. (B) Consumo típico en un año según bases diarias bajo las condiciones agronómicas medias en Ontario (C) Incluye lechones destetados. *NRC: (A) Valores desde la primera semana después del destete hasta la tercera semana (con un mínimo de 7kg). (B) Valores calculados a partir de la ecuación: Consumo de agua (L/día) = 2 x consumo de alimento seco en kg/día. (C) A una temperatura 25° C. En caso de una temperatura de 15° C beben 10 L/animal y día.

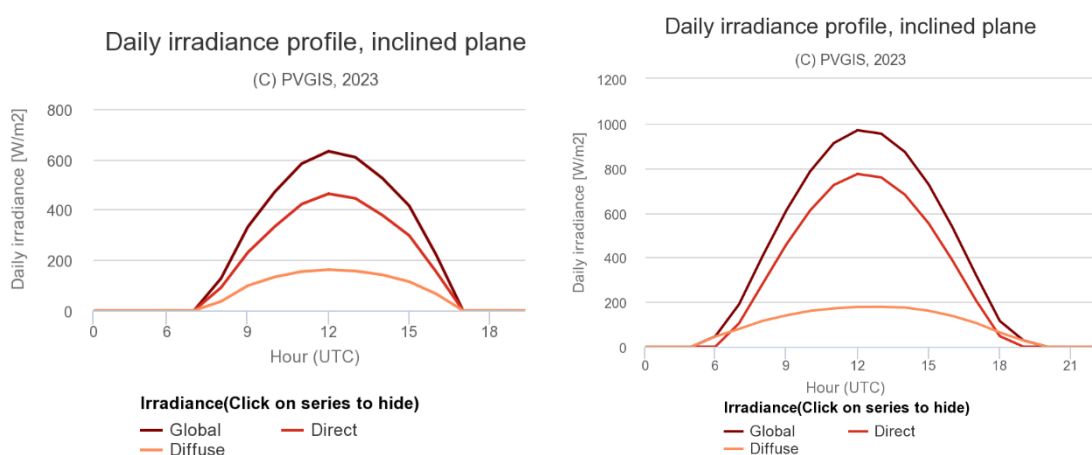
Se supone que la máxima demanda de agua se produce en los meses estivales, debido a la mayor temperatura. Se puede observar que la máxima demanda de agua, de los valores medios, se produce en las cerdas lactantes con 19 l/animal y día, por el contrario, las crías recién destetadas requieren de 1,57 l/animal y día, para el dimensionamiento se usará la media del consumo de agua de 11 l/animal y día, siendo un valor cercano para una cerda no gestante.

Por lo que, contando con un número aproximado de 1500 cabezas porcinas, hace una necesidad de 16.500 l/día. Se calcula una capacidad del depósito de agua para poder alimentar de forma autónoma los abrevaderos de la granja durante al menos 5 días, requiriendo un depósito de 82,5 m³.

Para llenar este depósito se contará con la bomba sumergible alimentada por los módulos fotovoltaicos, la cual deberá ser capaz de llenar el depósito en 3 días durante las horas de luz solar en la localidad de La Coronada.

Observando que la radiación solar es máxima en los días de verano y menor en invierno, se podrá dimensionar con un valor medio de irradiación anual y con la máxima demanda de agua por el ganado, entendiendo que la demanda de agua será menor en invierno.

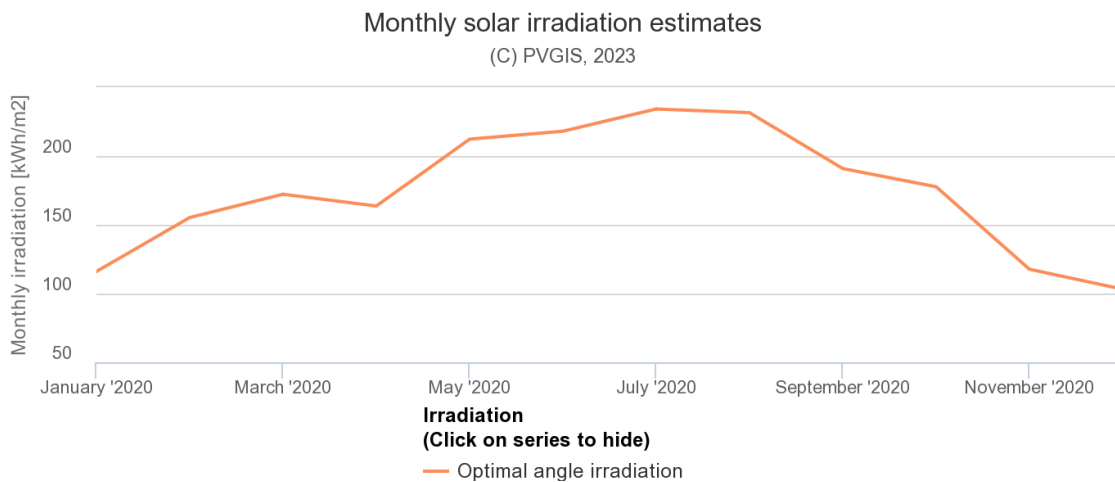
Tabla 5-6. Horas de luz solar en diciembre (izq.) y en julio (dcha.) en La Coronada (PVGIS-SARAH2, 2020).



El número medio de horas de luz al día es de 10 horas diarias, en las que se obtiene la radiación para los módulos fotovoltaicos, por lo que la bomba deberá ser capaz de suministrar esos 82,5 m³ en 30 horas de los 3 días de reabastecimiento, lo que resulta en un caudal de 2,75 m³/h.

Se observa del PVGIS que, la radiación mensual mínima ocurre en diciembre, siendo esta de 103,16 kWh/m², por otro lado, en verano, la radiación mensual máxima es de 234,18 kWh/m², para una orientación e inclinación optimizadas según el PVGIS.

Tabla 5-7. Radiación mensual a lo largo del año en La Coronada (PVGIS-SARAH2, 2020).



La media de estos valores proporciona una irradiación media mensual de 174,25 kWh/m², lo que es lo mismo que una media diaria de 5,729 kWh/m², obtenido del PVGIS-SARAH2 2020. El valor de la radiancia media diaria, no se emplea en el cálculo del número de paneles, si no en el cálculo de la temperatura del módulo solar, por lo que se toma el valor más desfavorable, siendo julio el mes de mayor radiancia media diaria de 654,18 W/m², además de una temperatura promedio de 31°C para julio.

5.3.2. Parámetros hidráulicos

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de entrada al bloque de cálculo de la bomba hidráulica y los valores obtenidos de salida para este caso.

Tabla 5-8. Datos bomba hidráulica. Granja de ganado.

Bloque: Bomba hidráulica			
Datos entrada		Datos salida	
Caudal	2,75 m ³ /h	Velocidad fluido	0,389 m/s
Diámetro tubería	5 cm	Potencia bomba	1,371 kW
Rendimiento bomba	30 %	Par eje bomba	8,729 Nm
Presión aplicación	0 bar	Δ Presión bomba	5,385 bar
Densidad agua	998,20 kg/m ³	Δ Presión bomba	54,99 m.c.a.
Altura	50 m + 1 m	Pérdida carga lineal	0,6325 m.c.a.
Revoluciones bomba	1500 rpm	Pérdida carga aux	3,359 m.c.a.
Rugosidad Abs. Tubería	0,03 mm	Pérdida carga total	0,391 bar
Longitud Tubería	150 m	Pérdida carga total	3,991 m.c.a.
Viscosidad Cinemática	1.0034 · 10 ⁻⁶ m ² /s	Factor fricción <i>f</i>	0,02733
Nº Codos 90°	4	Reynolds	19390
Nº Codos 45°	2		
Nº Válvulas Corte	4		
Nº Válvula Retención	1		
Pérdidas Hidrociclón	3 m.c.a.		

Para la elección de la bomba se tendrá en cuenta el caudal (2,75 m³/h) que debe aportar y el incremento de presión a realizar por la bomba (54,99 m.c.a.) a elegir en el catálogo disponible de Pedrollo, en el cual viendo la Gráfica 4-2, se puede observar que la bomba 4SR90G/50 cumple con los requerimientos de la aplicación.

5.3.1. Parámetros fotovoltaicos

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de entrada al bloque de cálculo de los módulos solares y los valores obtenidos de salida para el caso, se calcula para las características del modelo JC335M-24/abw de la marca ReneSola.

Tabla 5-9. Datos bomba hidráulica. Módulo Fotovoltaico.

Bloque: Módulo Fotovoltaico			
Datos entrada		Datos salida	
Latitud	38.917°	Inclinación opt. anual	37,78°
Irradiación solar diaria	5,729 kWh/m ²	Número paneles	11
Área módulo solar	1,94 m ²	Numero paneles serie	11
Eficiencia módulo solar	17,26 %	Tensión de la serie	344,7 V
Eficiencia instalación solar	70 %	Numero hileras paralelo	1
Horas bomba al día	10 h	Energía bomba día	13,71 kWh
Radiancia solar	654,18 W/m ²		
Temperatura ambiente	31°C	T ^a módulos solares	51,44 °C
Temperatura NOTC	45°C		
Vmp	34,6 V	Vmp con T ^a	31,34 V
Coeficiente Vmp	-0,3 %		
Imp	7,18 A	Imp con T ^a	7,27 A
Coeficiente Imp	0,04 %		
Vmed estimada VDF	340 V		
Potencia bomba	1,317 kW	Potencia Instalación Fotovoltaica	2,506 kW
Autonomía con baterías	3 días	Capacidad Conjunto	5142 Ah
DOD	40 %		
Tensión batería	24 V	Número de baterías	5
Factor corrección	1,2		
Capacidad batería	1200 Ah		

Al igual que en el anterior caso, no se emplearán baterías ya que en su lugar se almacena el agua en el depósito de 82,5 m³, una opción mucho más económica.

El ángulo de inclinación recomendado por el PVGIS es de 35° y el de azimut de -2° , valores similares a los obtenidos mediante el modelo de Simulink.

Vistos los resultados se debe comprobar que la tensión de la serie se encuentra en el rango de entrada de alimentación del VDF.

El número de hileras en paralelo es un valor orientativo, para este caso se deberán colocar 11 paneles en una única serie como indica el modelo, con un valor de tensión de hilera de 344,7 V en la entrada MPPT al VDF. Para este caso basta con una hilera de 11 paneles para alcanzar la potencia necesaria.

Cabe destacar que los valores característicos de los paneles se han obtenido de la hoja técnica del modelo JC335M-24/abw de la marca ReneSola, en el caso de realizar el cálculo para otro tipo de panel, se deberán modificar los valores correspondientes en las entradas del modelo.

Para este caso, el VDF a emplear será el modelo S100 IP66, con la referencia LSLV0040S100-2EXNNS capaz de administrar 4 kW, con una intensidad máxima de 17 A, siendo el rango admisible de entrada entre 260 V y 400 V de corriente continua procedente de los paneles solares.

De acuerdo con el previo diagrama unifilar, se añade un filtro senoidal trifásico de tensión para salida de variadores de frecuencia de motores 3 kW / 4 CV 8 A antes de la conexión a la bomba trifásica, del distribuidor GemaSolar.

En el ANEXO C. PRESUPUESTO MATERIAL se encuentra un presupuesto orientativo del coste material de la instalación del caso simulado.

6. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

El programa de TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de Siemens es un entorno de programación y configuración utilizado en la automatización industrial. Siendo una plataforma de software integral que permite desarrollar sistemas de control basados en controladores SIMATIC STEP 7 de Siemens.

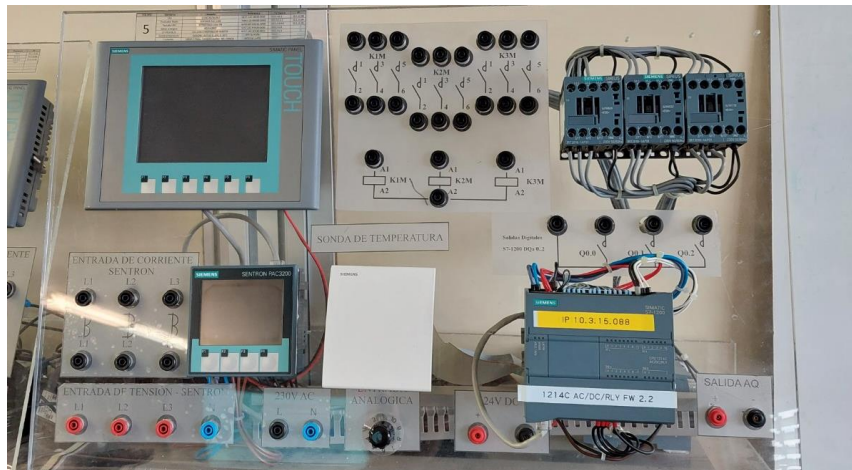


Figura 6-1. Conjunto de módulos TIA Portal de Siemens, EINA Universidad de Zaragoza.

6.1. Programación PLC

Para la realización de este programa de automatización se ha empleado el PLC modelo 6ES7214-1BG40-0XB0 Siemens S7-1200, el cual cuenta con una Compact CPU 1214C AC/DC/RLY, siendo el modelo disponible en el Laboratorio de Tecnología Eléctrica C4-2-20 de la EINA, Universidad de Zaragoza.

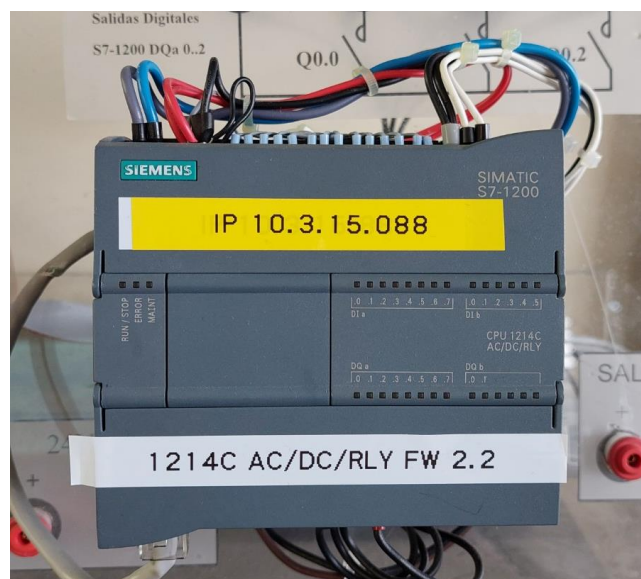


Figura 6-2. PLC Siemens S7-1200 modelo 6ES7214-1BG40-0XB0,

El modelo empleado cuenta con E/S INTEGRADAS: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10V DC, Versión 2.2, una alimentación AC 85-264 V AC con 47-63 Hz y una memoria de programas/datos de 100 KB.

La explicación del desarrollo del programa en el software del PLC se encuentra en el ANEXO B. IMPLANTACIÓN EN SIMATIC STEP 7, bajo el motivo de no llevar a la memoria a una extensión excesiva. Se mostrará a continuación el desarrollo de la visualización del software del PLC mediante la pantalla HMI.

6.2. Pantalla HMI

El visualizador interactivo o pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina) del TIA Portal es un complemento que permite diseñar y visualizar interfaces gráficas de usuario por medio del software WinCC. Su función es la de interactuar con los sistemas de automatización industrial para monitorear, controlar y diagnosticar los procesos automatizados, mostrando información en tiempo real, como valores de sensores, estados de dispositivos y alarmas. El modelo empleado en esta automatización es el KTP700 Basic PN de 7 pulgadas.

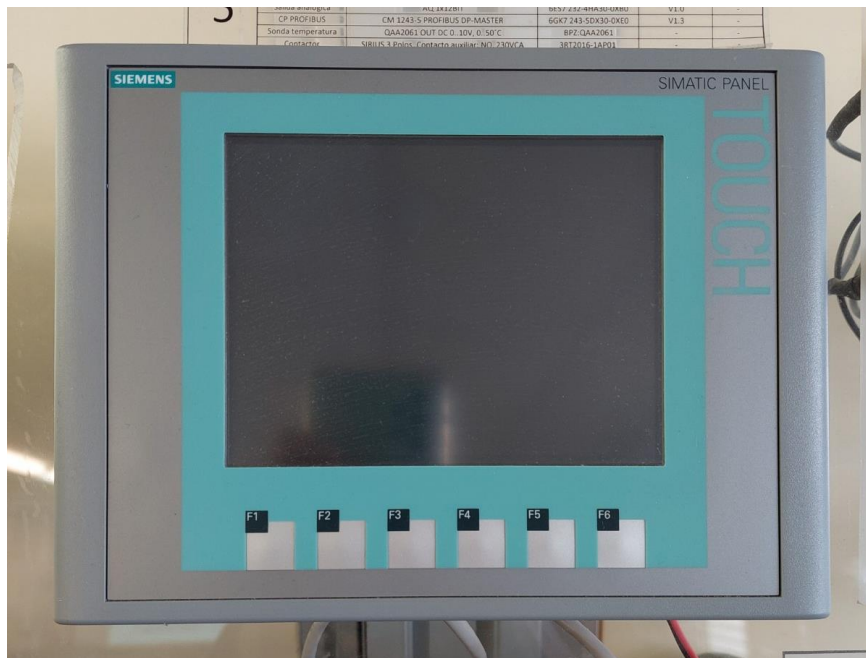


Figura 6-3. HMI KTP700 Basic PN 7”.

La programación de las pantallas se realiza por medio de imágenes en las que se colocan las variables propias del HMI, relacionadas a las de PLC. Desde el

visor interactivo se pueden dar valor a las variables del bloque de datos y manipular las entradas digitales al PLC que no requieran ser un sensor físico.

Con el uso del HMI se reduce el número de entradas digitales físicas a:

- Pulsador ON/OFF de la máquina, se instala como un interruptor físico.
- Seta de Emergencia, se instalará como el pulsador para activar el estado de emergencia del PLC.
- Sensores de nivel superior e inferior, como los señalados en la Figura B-6.

Estas entradas físicas se conectarán a su correspondiente variable del PLC para el funcionamiento del programa.

6.2.1. Imagen de Inicio

En esta imagen se presenta la portada donde se puede observar el navegador para moverse entre imágenes, lo hora y fecha local del sistema, en la parte inferior se muestra el botón de *HOME* para regresar a esta imagen y el botón de apagado para salir del *RunTime* del WinCC.

Pulsando el *Menú* se puede acceder a la siguiente imagen.

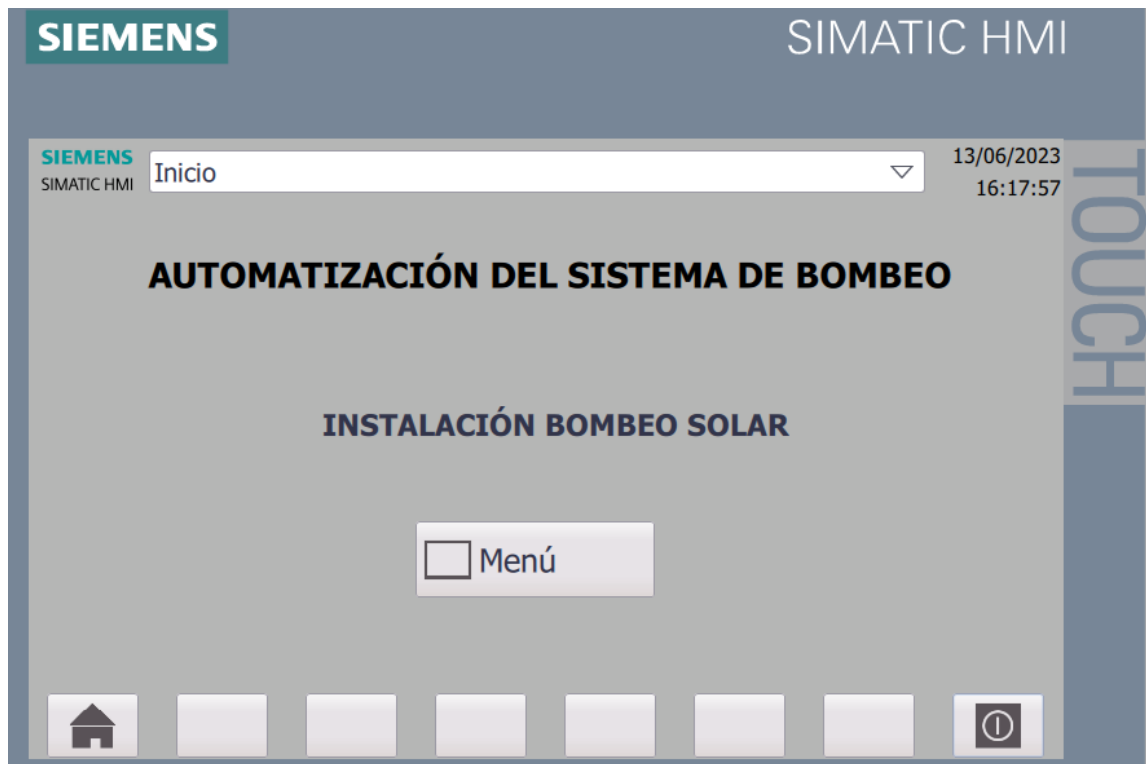


Figura 6-4. Inicio del visualizador SIMATIC HMI.

6.2.2. Imagen de Menú

En esta imagen se puede acceder de forma rápida a todas las imágenes programadas, entre las cuales están *Sistema Máquina*, *Parámetros Bomba*, *Control Caudal*, *Gráficas* y *Alarmas*.

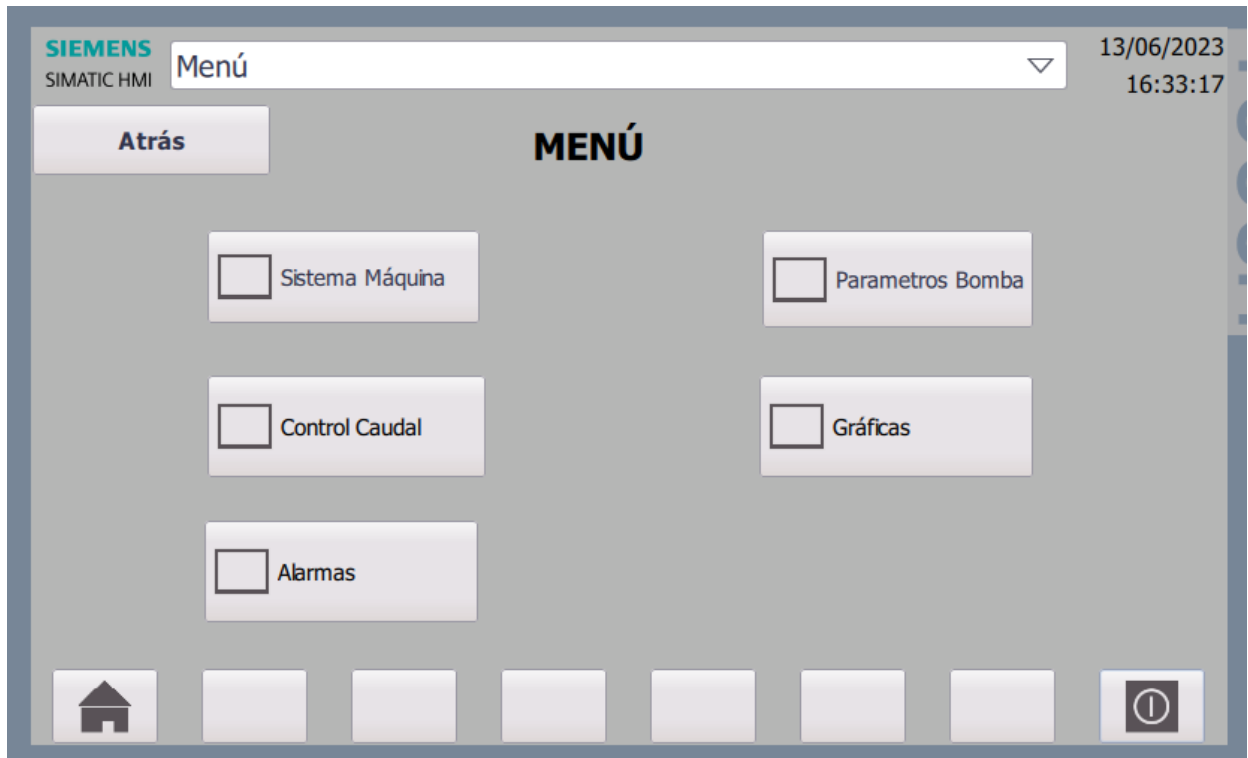


Figura 6-5. Menú del visualizador SIMATIC HMI.

6.2.3. Imagen de Sistema Máquina

En esta imagen se puede observar un seleccionador para variar el estado de la máquina de *ENCENDIDO* o *APAGADO* como si fueran los pulsadores del PLC correspondiente, pero en formato digital, al mismo tiempo que un indicador de colores que nos indica de forma gráfica el estado de la máquina.

Lo mismo se emplea para el estado del sistema donde por medio del seleccionador este se puede llevar a *PARADO* o *EN MARCHA*, con su respectivo indicador luminoso.

En la parte derecha, la señal booleana que se obtiene de los sensores de nivel nos indica por pantalla por medio de los dos indicadores si estas mediciones son correctas para el arranque del sistema.

Según lo programado en el PLC, el sensor de nivel inferior de la fuente de agua marcará el led en verde, si este sensor está sumergido, es decir, el nivel de agua está por encima de la bomba y su admisión.

Por el contrario, el sensor de nivel superior del depósito de almacenamiento marcará el led en verde si el nivel se encuentra por debajo suyo, es decir, el depósito no está cerca de su llenado completo.

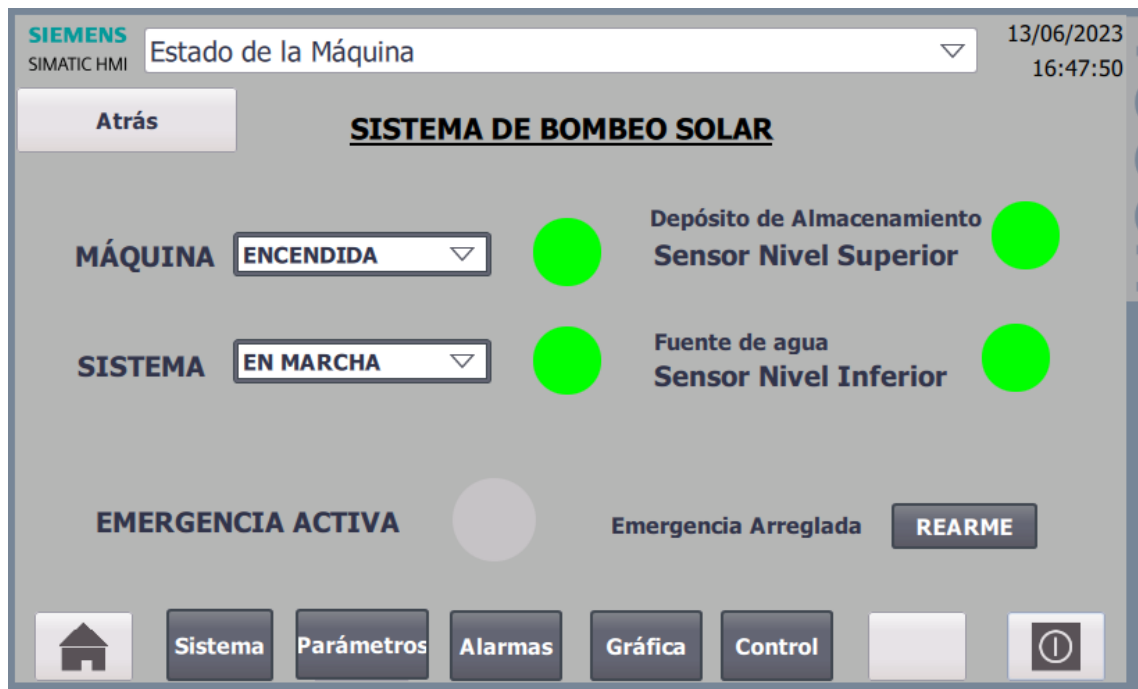


Figura 6-6. Sistema de bombeo solar HMI N°1.

En la Figura 6-7 se puede observar que sensor de nivel inferior está en rojo ya que se ha vaciado la fuente de agua y el sistema no se podrá en marcha hasta que no suba el nivel de agua por encima de la admisión de la bomba. Además, se puede observar que el sistema de emergencia está activado debido al pulsado de la seta de emergencia. Para salir de este modo, se deberá pulsar sobre el botón de *Rearme* y volver a poner el sistema en marcha seleccionándolo por pantalla.

En la fila inferior, además del *HOME* y el apagado del visualizador, se han añadido accesos directos para poder moverse entre las imágenes con mayor facilidad.

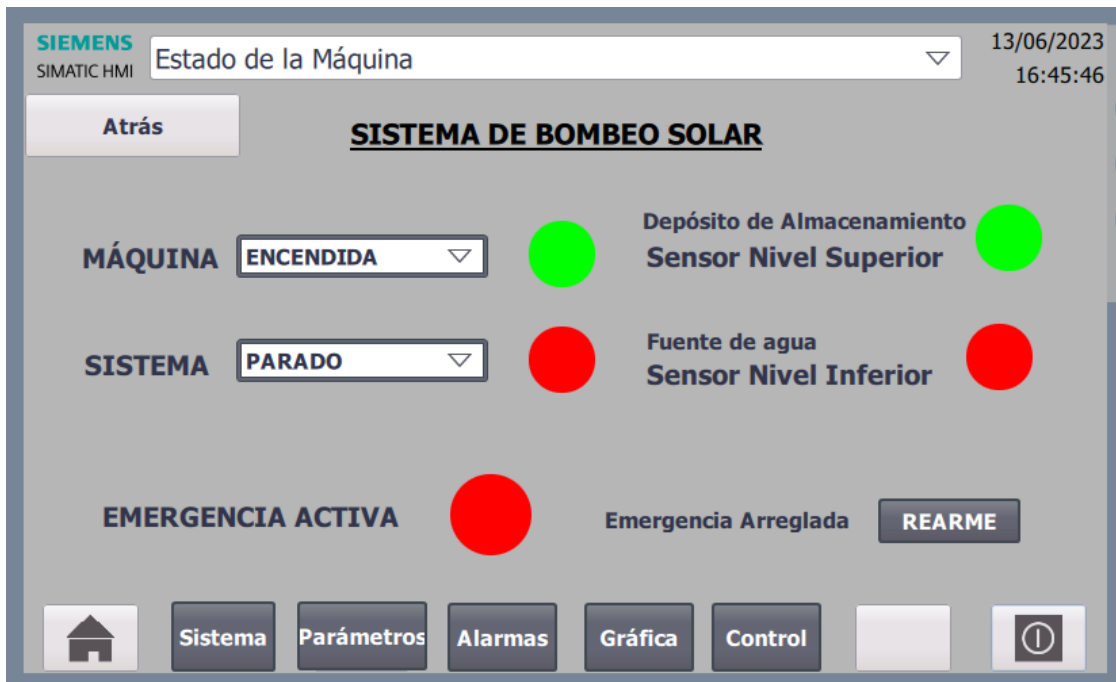


Figura 6-7. Sistema de bombeo solar HMI N°2.

6.2.4. Imagen de Alarmas

En esta imagen se ha facilitado un visualizador de alarmas, de modo que cuando el sistema no pueda ponerse en marcha, se indique en esta pantalla la condición que lo está impidiendo. Para la situación de la Figura 6-7 anterior se pueden observar las siguientes alarmas:

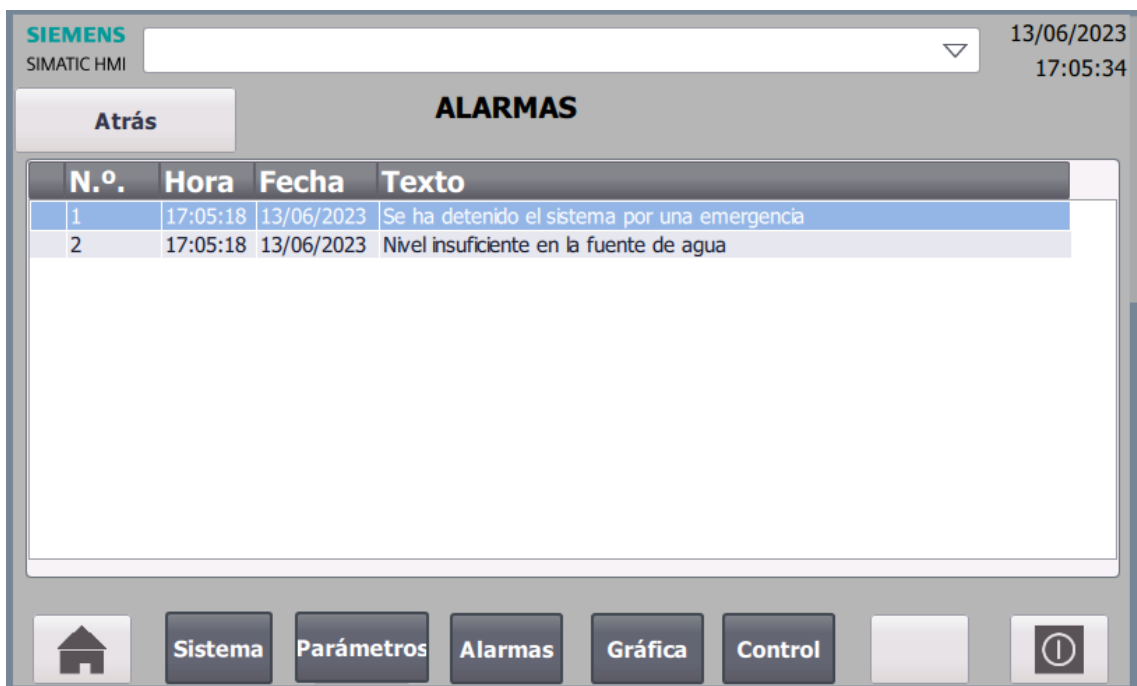


Figura 6-8. Alarmas HMI N°1.

Los avisos de alarmas desaparecen cuando se soluciona el problema que lo ha hecho resaltar en la pantalla de aviso. El aviso de depósito lleno activado por el sensor de nivel superior aparecería por pantalla de la siguiente forma:

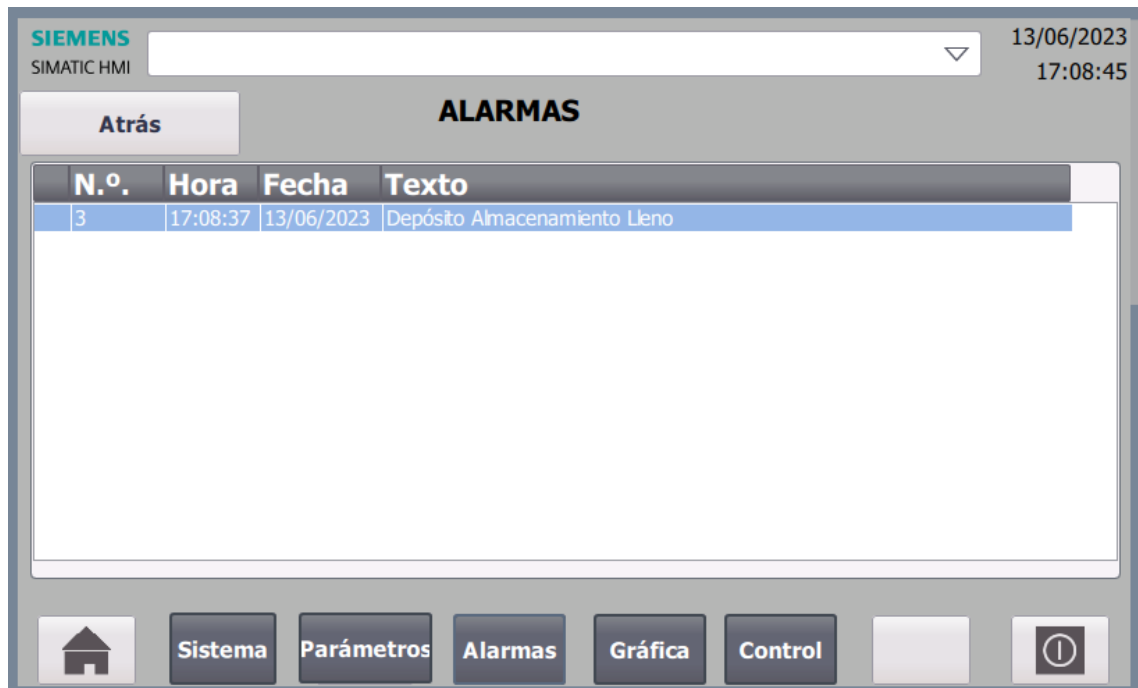


Figura 6-9. Alarmas HMI N°2.

6.2.5. Imagen de Parámetros de la Bomba

En esta imagen se introduce por pantalla el valor de entrada en las variables de “Presión_bomba” en bares (Bar), la “Potencia_bomba” en vatios (W) y el rendimiento de la bomba “Rend_bomba” en porcentaje (%) tal y como se ve en la Figura 6-10 con los parámetros de una bomba ejemplo. Se introducen también por pantalla las revoluciones de funcionamiento de la bomba en el caso de que esta requiera de un VFD para su funcionamiento.

Se obtiene por pantalla el caudal proporcionado por la bomba en m³/h.

En el gráfico de la derecha se puede observar la medición de revoluciones del eje de salida de la bomba sumergible, en este momento se encuentra en cero ya que no se han definido el periodo temporal de llenado de depósito, el cual se realiza en la siguiente imagen.

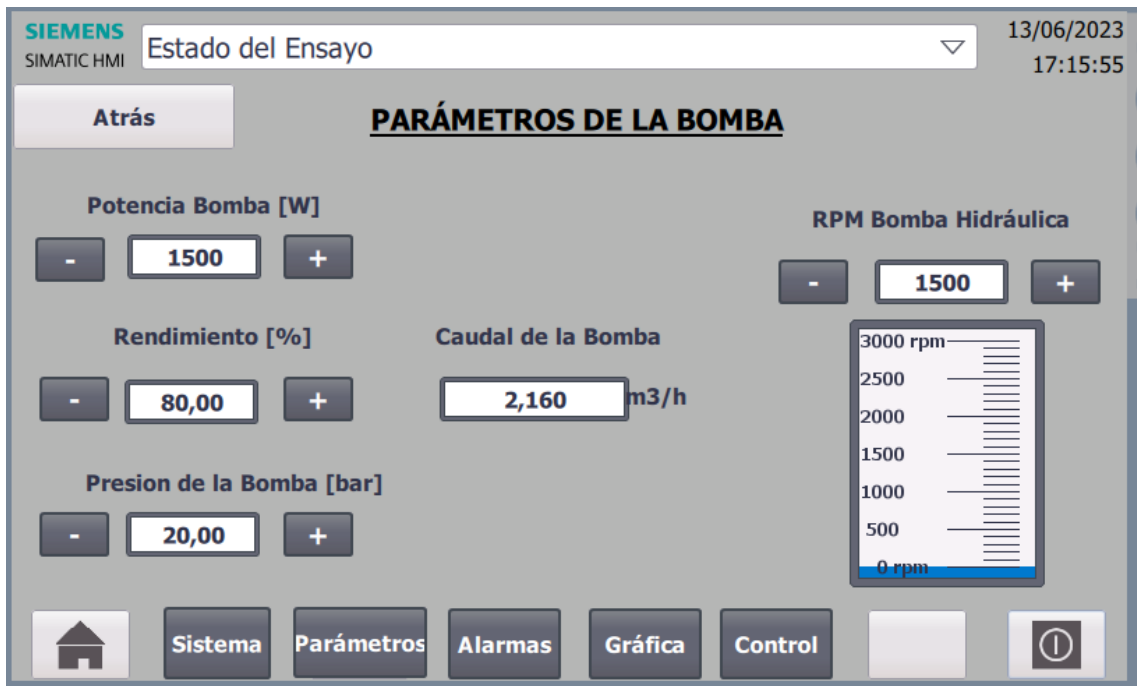


Figura 6-10. Parámetros de la bomba HMI Nº1.

6.2.6. Imagen de Control de Caudal

En esta imagen se introduce la franja horaria en la que se rellenará el depósito de almacenamiento y se definirán los periodos de aplicación de agua



Figura 6-11. Control del caudal de la bomba HMI Nº1.

El periodo de llenado del depósito de almacenamiento se producirá en las horas del día de mayor irradiación solar, las cuales se definirán por el usuario por pantalla.

Las dos franjas horarias de aplicación del agua también se definen por pantalla por el usuario. Para el caso de riego por goteo diario de cultivos, se podrá indicar que se realice al amanecer y al anochecer como se ve en la Figura 6-11.

En este ejemplo de la Figura 6-11 se puede observar que el llenado del depósito se programa entre las 10:00 h y las 20:00 h, en el momento de ejecución de programa se puede ver que son las 17:25 h, por lo que la bomba está activa como se ve en los indicadores luminosos verdes.

Existe el pulsador para poner a cero el contador de horas de funcionamiento de la bomba y el volumen aportado por la bomba que se muestra por pantalla.

Ahora que la bomba sí está en funcionamiento, se puede observar que la gráfica muestra las rpm de la bomba que se habían indicado como parámetros del sistema de bombeo.

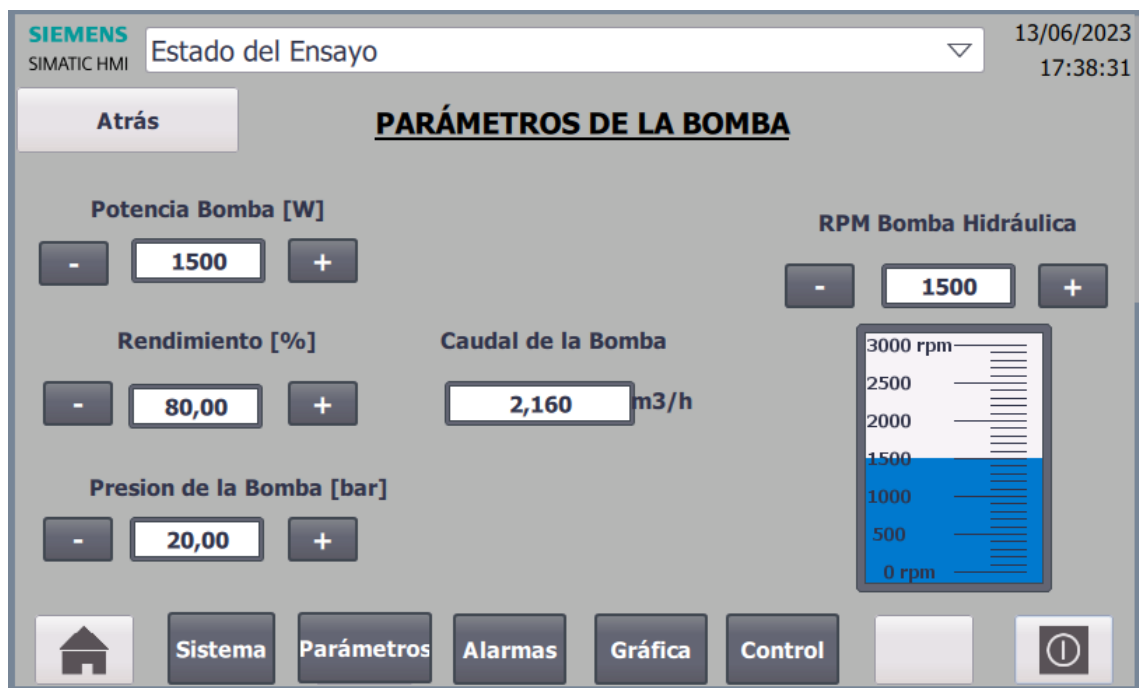


Figura 6-12. Parámetros de la bomba HMI N°2.

6.2.7. Imagen de Gráficas

En esta imagen se muestra una gráfica que ayude a monitorear los datos del sistema de bombeo. Para ello se muestran las horas de funcionamiento de la bomba y el volumen aportado sobre un eje temporal.



Figura 6-13. Gráfica HMI.

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como resultado del estudio se ha obtenido un modelo en Simulink que permite un dimensionamiento rápido de la instalación fotovoltaica necesaria para alimentar el sistema de bombeo aislado de la red. Además de un código en lógica programada para el monitoreo y control automático de la bomba en el PLC SIMATIC Step 7 de Siemens.

7.1. Resultados

Observando los datos obtenidos para los casos realizados en las simulaciones, se pueden confirmar las relaciones directas entre el número de módulos fotovoltaicos demandados y las entradas de caudal requerido e incremento de presión de la bomba. Así como a una mayor irradiancia diaria, menor número de módulos solares requeridos.

Tabla 7-1. Resultados de los casos prácticos.

Caso de Cultivo Hortícola				
Caudal	Δ Altura bomba	Potencia	Irradiación diaria	Nº Módulos
4,47 m ³ /h	80,8 m.c.a.	3,275 kW	5,206 kWh/m ²	19
Caso de Granja de Ganado				
Caudal	Δ Altura bomba	Potencia	Irradiación diaria	Nº Módulos
2,75 m ³ /h	54,99 m.c.a.	1,371 kW	5,729 kWh/m ²	11

Se observa que la variable más significativa es el caudal, junto con el incremento de presión a aportar por la bomba. Este último no admite tanta variación ya que las características de la instalación y de aplicación la definen, sin embargo, en los casos en los que se emplea un depósito de agua, se observa que el caudal necesario a aportar por la bomba va a depender de la autonomía que se decida sobre la instalación y el tiempo en el que se decida recuperar el volumen en dicho depósito.

Una forma de disminuir la potencia eléctrica demandada sobre los módulos solares podría ser aumentar el volumen del depósito, con ello se aumenta su autonomía y se dimensiona la bomba a una potencia menor, debido a su menor demanda de caudal, al disponer de mayor tiempo para aportar dicho volumen.

Se debe tener en cuenta que el tiempo de recuperación del volumen del depósito no puede ser mayor al de su autonomía, lo que significaría que se está dimensionando la bomba a un caudal menor del requerido por la aplicación.

7.2. Conclusiones

En el transcurso de este Trabajo de Fin de Máster, se ha llevado a cabo un análisis sobre la implementación de un modelo en Simulink para el sistema de bombeo solar. El objetivo principal de este estudio fue comprender y simular el comportamiento de dicho sistema, considerando factores como la variabilidad de la irradiación solar, la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y las características de la instalación hidráulica.

A lo largo del desarrollo del estudio, se pudo observar todas las variables influyentes en el modelado de sistemas de bombeo solar para elaborar la herramienta de simulación, y así obtener una estimación de las necesidades fotovoltaicas en diferentes condiciones.

Los resultados obtenidos en los casos prácticos mostraron la influencia directa de la radiación solar en la producción de energía y, por tanto, en el número de módulo solares necesarios. Además, se cuantificó la influencia de las variaciones de temperatura sobre los valores de ensayo en laboratorio, impactando en la eficiencia de los paneles fotovoltaicos.

Destaca la importancia de obtener valores de irradiación lo más precisos posibles para el cálculo que se quiera realizar. Es válido emplear valores medios mensuales de irradiación, así como valores mensuales de uso de agua o demanda eléctrica, pero se debe tener en cuenta que esta irradiación solar depende de la climatología, por lo que se debe considerar una cierta autonomía en el sistema.

Es importante señalar algunas limitaciones identificadas durante el proceso. La simplicidad del modelo podría no capturar todas las complejidades del sistema real, tales como los pasos de nube, en caso de una simulación más detallada; las pérdidas de potencia en los cables de la instalación, dato para el cual se debería estar en un estado más avanzado sobre las características de la instalación eléctrica, lo que podría llevar a algunas desviaciones entre las

predicciones del modelo y los resultados experimentales. Además, la falta de consideración de factores como la variabilidad climática a largo plazo y el envejecimiento de los paneles fotovoltaicos podría tener un impacto en la precisión a largo plazo de las predicciones del modelo.

En resumen, este TFM ha proporcionado una visión del cálculo, implementación y evaluación de un modelo en Simulink para un sistema de bombeo solar. Los resultados y las conclusiones obtenidas contribuyen al entendimiento general de los sistemas de energía renovable y su aplicación en el bombeo de agua, favoreciendo un camino hacia la optimización continua de los sistemas de bombeo solar y su contribución al desarrollo sostenible y la gestión eficiente de recursos hídricos.

El progresivo aumento del coste de los combustibles fósiles y la creciente contaminación arrojada al medio ambiente por su uso, motivan la búsqueda de nuevas alternativas para las necesidades de energía en casos aislados. Este estudio permite obtener una herramienta para el cálculo de instalaciones de bombeo que busca favorecer el remplazo de fuentes contaminantes por energía renovable de origen solar.

7.3. Recomendaciones para futuros procesos

El primer paso para garantizar un dimensionamiento correcto es obtener con la mayor precisión posible los valores de entrada al sistema, siendo los más influyentes: el caudal requerido a aportar por la bomba y la franja temporal sobre la que obtener la irradiación solar. En los estudios de aplicaciones realizadas, se han empleado valores medios de irradiación diaria o mensual para simplificar el estudio. Sin embargo, para obtener una mayor precisión en el dimensionamiento, se recomienda simular, por ejemplo, para cada mes según la necesidad hídrica e irradiación solar para este rango de tiempo. De esta manera se pueden valorar las características de la instalación fotovoltaica en las franjas de mayor y menor demanda, para considerar así que valor intermedio es el más adecuado para cada caso simulado.

Esta entrada de valores de irradiación solar se podría incluir en un formato de vector de datos, que dé como salida un vector del número de módulos necesarios para satisfacer las necesidades de potencia eléctrica de la bomba en todo momento, dimensionando con el número de paneles correspondiente.

En cualquier caso simulado se deberá considerar la opción de emplear módulos fotovoltaicos de mayor potencia a los empleados en el modelo, si se da el resultado de un número excesivo de unidades que pueda complicar la instalación.

Este estudio sienta las bases para investigaciones futuras que puedan abordar las limitaciones identificadas y perfeccionar aún más la precisión y aplicabilidad del modelo propuesto.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a la Universidad de Zaragoza la oportunidad para poder realizar este Trabajo Fin de Máster sobre la simulación de operaciones de sistemas de bombeo solar, en la que he podido trabajar y conocer el funcionamiento de una de las aplicaciones de la energía fotovoltaica en instalaciones aisladas.

Además de las licencias concedidas para el software empleado en el desarrollo del estudio y la posibilidad de usar el Laboratorio de Tecnología Eléctrica C4-2-20 de la EINA, de la Universidad de Zaragoza para la comprobación en ensamblajes físicos de PLC del código de automatización desarrollado.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- **Normas Consultadas**

La norma UNE 50135:1996 – “*Presentación de informes científicos y técnicos*” ha sido la empleada para la redacción de la presente documentación.

La norma UNE-EN 61215:2017 – “*Módulos fotovoltaicos (FV) para uso terrestre*” ha sido consultada para la elaboración del estudio.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto, y las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) para el dimensionamiento de la instalación eléctrica.

El Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (PCT-A-REV - febrero 2009) del IDAE como guía del cálculo de la instalación de bombeo solar aislada.

- **Bibliografía**

- [1] EcoInventos, R. (2023, 1 marzo). *Bombeo solar fotovoltaico: qué es y cómo funciona*. EcoInventos. Recuperado 7 de marzo de 2023, de <https://ecoinventos.com/bombeo-solar-fotovoltaico-que-es-y-como-funciona/>
- [2] N. (2022, 13 diciembre). *Solar water pump systems basics*. Sinovoltaics (Hong Kong Office). Recuperado 23 de marzo de 2023, de <https://sinovoltaics.com/off-grid/solar-water-pump-systems-introduction/>
- [3] Ahmed, M. A., Hassanien, W. A., & Enany, M. (2021b). Modeling and evaluation of SC MPPT controllers for PVWPS based on DC motor. *Energy Reports*, 7, 6044-6053. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.09.055>
- [4] Insa, J. (2018, 23 abril). *¿Cómo funcionan los reguladores de carga solares PWM y MPPT?* Monsolar. <https://www.monsolar.com/blog/como-funcionan-los-reguladores-de-carga-solares-pwm-y-mppt/>

- [5] Solarsierasur. (2018, 13 diciembre). *BOMBEO SOLAR - Solar Sierra Sur*. Solar Sierra Sur. <https://solarsierasur.com/bombeo-solar/>
- [6] Cassini, Alejandro, & Levinas, Marcelo Leonardo. (2008). *La explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico: un análisis histórico-epistemológico*. Revista latinoamericana de filosofía, 34(1), 5-38. Recuperado en 31 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73532008000100001&lng=es&tlng=es.
- [7] Just Solar Admin. (2022, 6 enero). All About Thin-Film Photovoltaic Cells (TFPV) | Just Solar. *Just Solar*. <https://www.justsolar.com/blog/thin-film-photovoltaic-cells-tfpv>
- [8] Solarplak. (2023, 5 mayo). *Paneles solares de capa fina: ¿Qué son y cuáles son sus características?* - Blog de energía solar. Blog de energía solar. <https://solarplak.es/energia/paneles-solares-de-capa-fina-que-son-y-cuales-son-sus-caracteristicas/>
- [9] Mendoza-Pérez, R., Hernández, J. I. G., Contreras-Puente, G., & Sastré-Hernández, J. (2012). Estudio comparativo de la degradación de celdas solares de CdTe con CdS procesado por CBD y CSVT. *Revista Mexicana De Física*, 58(5), 397-403. <http://www.redalyc.org/pdf/570/57025089003.pdf>
- [10] Renewable Energy Magazine. (2023, 22 mayo). *Ephocell, para que no se pierda ni un fotón*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. Recuperado 4 de junio de 2023, de <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/ephocell-mejorar-eficiencia-fotovoltaica#:~:text=Sin%20embargo%2C%20el%20rango%20de,de%20la%20que%20se%20trate>.

-
- [11] News SoliClima. (2009, 9 febrero). *El CIGS, ¿El futuro de la fotovoltaica?*
Recuperado 4 de junio de 2023, de <https://news.soliclimate.com/noticias/energia-solar/el-cigs-el-futuro-de-la-fotovoltaica>
- [12] Suministros del Sol. (2023). *¿Qué Tipo De Bomba De Agua Necesito?* Recuperado 5 de junio de 2023, de <https://suministrosdelsol.com/es/Blog/que-tipo-de-bomba-de-agua-necesito-b17.html>
- [13] GREALTEC. (2014). *Bomba solar sumergible de corriente continua GATC*.
GREALTEC-Bombas solares. <http://www.grealtec.com/es/bombas-solares-sumergibles/centrifuga-gatc-152.html#:~:text=Son%20%C3%B3ptimas%20para%20bombeo%20de,11%20m%20hasta%20250%20metros.>
- [14] Solarplak. (2023a). *Cómo calcular cuántas baterías necesito para mi instalación solar - Blog de energía solar*. Blog de energía solar.
<https://solarplak.es/energia/como-calcular-cuantas-baterias-necesito-para-mi-instalacion-solar/>
- [15] Torytrans. (2023). *Filtro senoidal para VFD IP00*. Filtro trifásico para salida de variadores de frecuencia de motores. <https://www.torytrans.com/filtros/filtros-para-variadores-de-velocidad-de-motores/filtro-senoidal-de-salida-para-vfd-ip00>
- [16] AutoSolar. (2023). *¿Cuál es la inclinación placas solares adecuada para mi instalación?* Inclinación placas solares. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/inclinacion-placas-solares>
- [17] Svarc, J. (2023). MPPT Solar Charge Controllers explained — Clean energy reviews. *CLEAN ENERGY REVIEWS*.
<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/mppt-solar-charge-controllers>

-
- [18] Magazine, P. & S. (2011). What is NPSH? *Pumps and Systems Magazine*.
<https://www.pumpsandsystems.com/topics/understanding-npsh-npsh-definitions>
- [19] Pirobloc. (2020, December 20). *Cálculo de pérdidas de carga - Pirobloc*. Pirobloc.
<https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>
- [20] Traxco. (2023). Hidrociclón, separador de arena. *El Blog de Traxco*.
<https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/hidrociclón#:~:text=Las%20condiciones%20de%20trabajo%20normales,u>
[n%20aumento%20de%20la%20erosi%C3%B3n](https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/hidrociclón#:~:text=Las%20condiciones%20de%20trabajo%20normales,u)
- [21] Wikipedia. (2023). Ecuación de Antoine. *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n_de_Antoine
- [22] JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. (2016, January 11). https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [23] Pérez, L. S. (2023). ¿Cómo calcular cuántas baterías solares necesito en mi instalación solar? *Atersa*. <https://atersa.shop/como-calcular-cuantas-baterias-solares-necesito-en-mi-instalacion-solar/>
- [24] Mula, J. A. (2021, January 5). Necesidades de riego del pimiento, tomate, berenjena y calabacín - Agromática. *Agromática*.
<https://www.agromatica.es/riego-del-pimiento/>
- [25] Young, C., PE. (2022). Colebrook-White equation. *EngineerExcel*.
<https://engineerexcel.com/colebrook-white-equation/>



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

ANEXOS

Simulación de la operación de sistemas fotovoltaicos de bombeo

Víctor Leciñana Soldevilla

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Máster en Ingeniería Industrial

Curso 2022-2023 (Septiembre 2023)

ANEXO A. IMPLANTACIÓN EN SIMULINK

En este anexo se va a especificar como se ha realizado la implantación de los modelos matemáticos en Simulink y como se ha organizado la estructura de bloques para la visualización de datos. El código de Matlab que se mostrará para cada función aplica los modelos matemáticos desarrollados en el apartado 4.MODELOS MATEMÁTICOS. Los dos bloques principales son:

A.1 Bomba Hidráulica

En la Figura A-1 se puede observar una vista general del diagrama de bloques para la bomba hidráulica, en este se describen como bloques tipo “constante” en el modelo los datos de los que se parte el diseño de la instalación, se colocan las funciones de Matlab en las que se describen los cálculos y el subsistema en el que se calculan las pérdidas de carga.

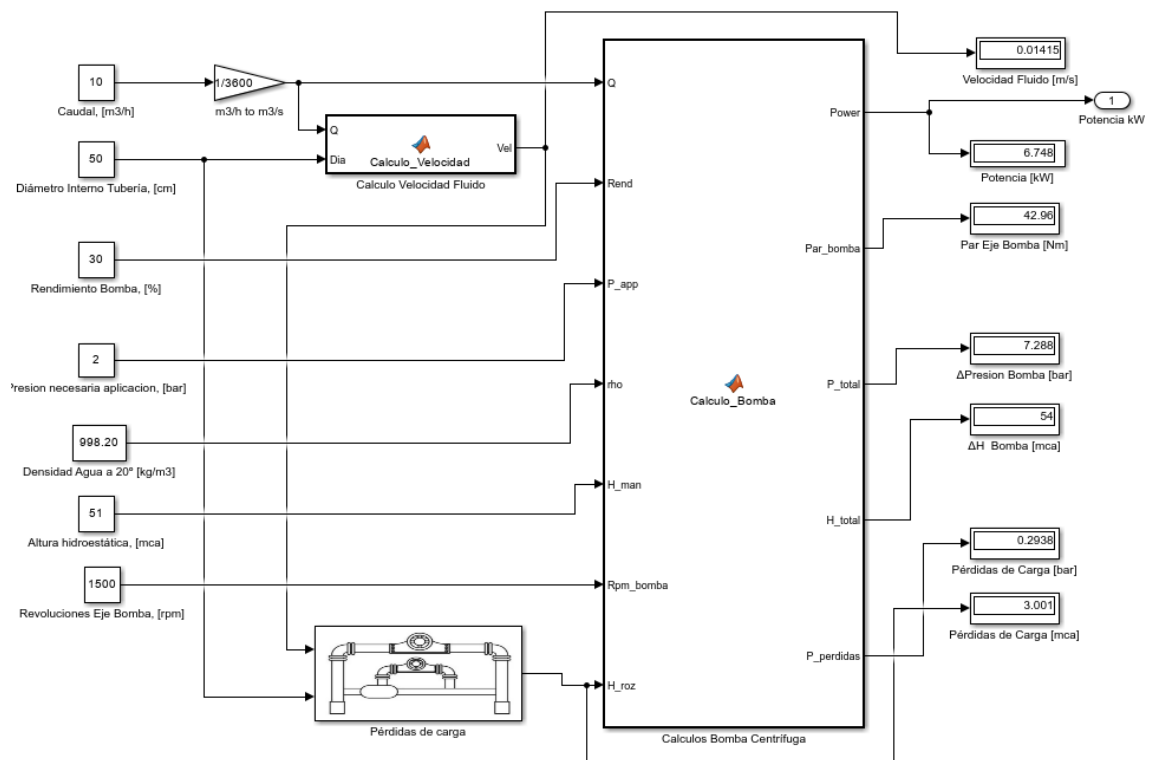


Figura A-1. Vista general de diagrama de bloques de Bomba Hidráulica.

Además, se muestra como salida en los bloques tipo “display” el valor de las variables calculadas, adicionalmente, el valor de potencia de la bomba se lleva como un output de este bloque al del Módulo Fotovoltaico.

Estas son las constantes de entrada, definidas por el usuario, como características del caso práctico que se quiera dimensionar. En la Figura A-2 se pueden observar los valores para un supuesto diseño de estas características.

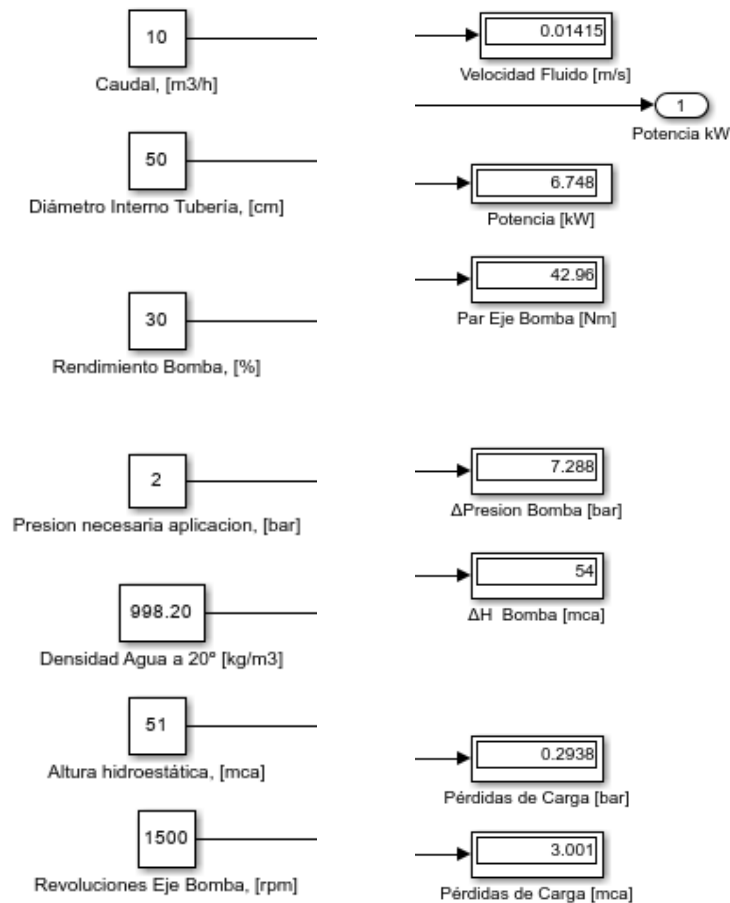


Figura A-2. Constantes de entrada (Izq) y valores de salida (Dcha) del bloque Bomba Hidráulica.

A.1.1. Cálculo Velocidad Fluido

En esta función de Matlab se tiene como entrada el caudal necesario en la bomba en las unidades de m³/s y el diámetro interno, en cm, de la tubería. La variable de salida del bloque es la velocidad del fluido.

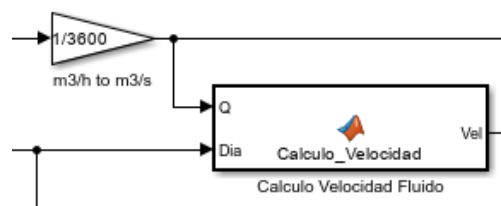


Figura A-3. Función de Matlab para calcular la velocidad del fluido.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function Vel = Calculo_Velocidad(Q,Dia)

% Calculo de la velocidad
area = (pi * ((Dia/100) / 2)^2);      % Paso del diámetro de cm a m
% Cálculo de la velocidad
Vel = (Q) / area;                    % Expresión de la velocidad en función de Q y Área
interna
end
```

A.1.2. Pérdidas de Carga

En este subsistema se calculan las pérdidas de carga tanto lineales como las debidas a elementos singulares en el sistema hidráulico del modelo.

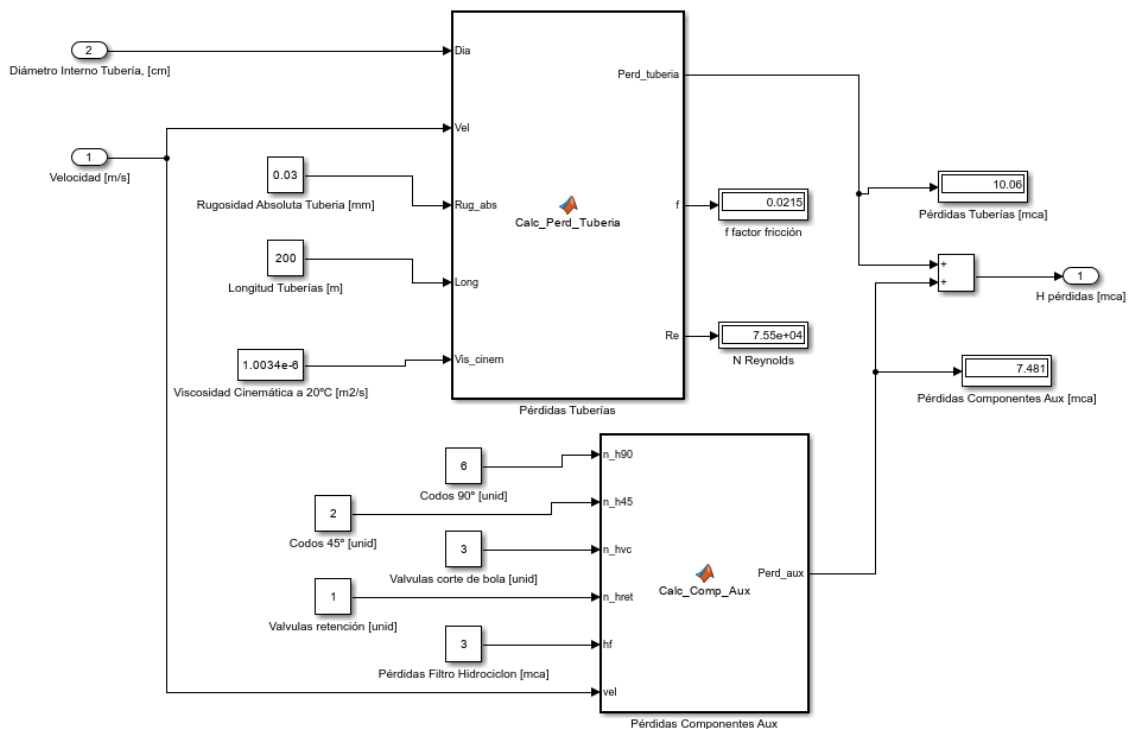


Figura A-4. Vista general de diagrama de bloques de Pérdidas de Carga.

Se puede observar que se tienen como entradas del tipo “input” los valores de velocidad del fluido (m/s) y diámetro interno de la tubería (cm), además de las constantes definidas para el sistema.

Como se aprecia en la Figura A-5, las salidas que se obtienen de este bloque son las pérdidas de carga en m.c.a. debidas a los tramos lineales de la tubería y las pérdidas debidas a los elementos singulares, la variable de salida del tipo

“output” será la que se emplee en el bloque de Bomba Hidráulica, siendo la suma de ambos valores de pérdidas de carga.

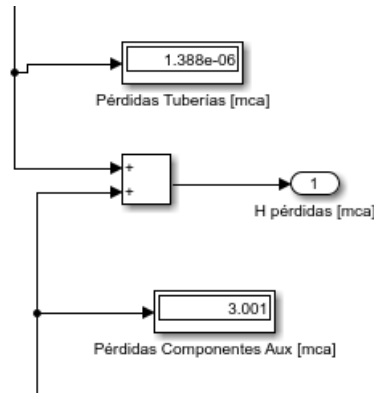


Figura A-5. Salidas del bloque Pérdidas de Carga.

A.1.2.1. Pérdidas Tuberías

En esta función de Matlab se tiene como entrada el diámetro interno de la tubería (cm), la velocidad del fluido (m/s), la rugosidad absoluta del material (mm), la longitud de la suma de los tramos lineales (m) y la viscosidad cinemática del fluido (m^2/s), generalmente agua.

Las salidas del bloque son el factor de fricción calculado por el método iterativo de Colebrook-White, el número de Reynolds del flujo y las pérdidas de carga lineales (m.c.a).

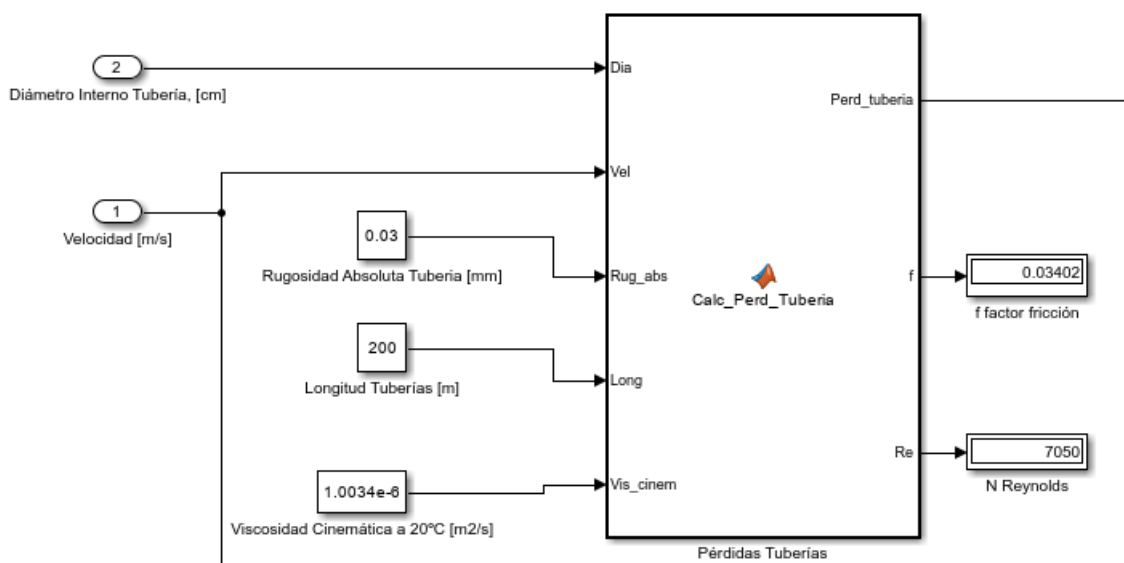


Figura A-6. Vista general de diagrama de bloques de Pérdidas Lineales.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [Perd_tuberia, f, Re] =  
Calc_Perd_Tuberia(Dia, Vel, Rug_abs, Long, Vis_cinem)  
  
% El flujo se caracteriza con el número de Reynolds: laminar o turbulento  
Re = (Vel*(Dia/100))/Vis_cinem ;  
  
% se define el factor de friction f  
if Re <= 2000 % El flujo se encuentra en régimen turbulento si Re>2000.  
    f = 64 / Re; % si es flujo laminar  
else  
  
% La norma UNE 149201:2008, referencia para el cálculo de las instalaciones  
de agua turbulentas,  
% indica que el factor de fricción (f) debe obtenerse a partir de la ecuación  
de Colebrook-White.  
% https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/  
  
    epsilon = Rug_abs/1000; % Rugosidad absoluta en metros  
    D = Dia/100; % Diámetro interno de la tubería en metros  
  
% Para resolver esta ecuación de forma iterativa y obtener el valor de f, se  
utilizan métodos numéricos, como el método de la secante o el método de  
Newton-Raphson.  
% En MATLAB, se utiliza las funciones "fzero" o "fsolve", para encontrar la  
solución numérica de la ecuación de Colebrook-White y obtener el valor de f.  
% Luego, utilizamos la función "fzero" para encontrar la raíz de esta  
ecuación dentro de un intervalo inicial [0.01, 1].  
% El resultado obtenido será el valor del factor de fricción (f).  
  
    f0 = 0.1; % Valor inicial de f  
    CWfun = @(f) 1 / sqrt(f) + 2 * log10((epsilon / (3.7 * D)) + (2.51 / (Re *  
sqrt(f)))); % la ecuación para f de Colebrook-White.  
    f = fzero(CWfun, f0);  
end  
  
D = Dia/100; % Diámetro interno de la tubería en metros  
% Calcular las pérdidas de carga en mca mediante Darcy-Weisbach  
Perd_tuberia = (f * (Long / D) * (Vel^2 / (2 * 9.81)))  
  
end
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.1.2 Pérdidas de carga del apartado cuatro de la memoria.

A.1.2.2. Pérdidas Componentes Auxiliares

En esta función de Matlab se tiene como entrada la velocidad del fluido (m/s), el número de elementos de codos a 90°, codos a 45°, válvulas de corte, válvulas de retención, y pérdidas del filtro de hidrociclón (m.c.a.) según lo indicado por el fabricante en función del caudal.

La salida del bloque son las pérdidas de carga debidas a elementos auxiliares (m.c.a.).

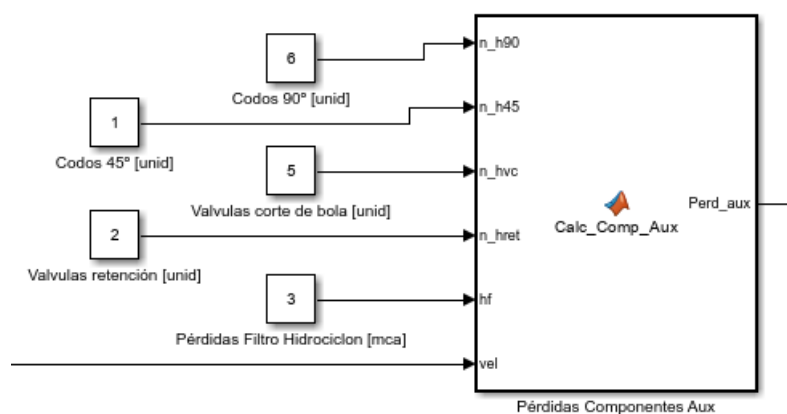


Figura A-7. Vista general de diagrama de bloques de Pérdidas Auxiliares.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function Perd_aux = Calc_Comp_Aux(n_h90,n_h45,n_hvc,n_hret,hf,vel)
%% Perdidas Aux
% Cada elemento tiene un valor de coeficiente k propio
% Siendo el input el número de elementos aux
% Se calculan los mca de perdida equivalentes

% El codo de 90° tiene un coef tipo k de 0.9
h_90= n_h90*0.9*(vel^2)/(2*9.81)

% El codo de 45° tiene un coef tipo k de 0.45
h_45= n_h45*0.45*(vel^2)/(2*9.81)

% La valvula de retención tiene un coef tipo k de 2
h_ret= n_hret*2*(vel^2)/(2*9.81)

% La valvula de corte tiene un coef tipo k de 10
h_vc= n_hvc*10*(vel^2)/(2*9.81)

% El valor de perdidas del filtro lo da el fabricante en mca según el
% caudal, normalmente entre 2 y 5 mca.
% https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/hidrociclón#:~:text=Las%20condiciones%20de%20trabajo%20normales,un%20aumento%20de%20la%20erosi%C3%B3n.
```

```
% Se suma todas las perdidas en mca debido a elementos auxiliares  
Perd_aux =h_90+h_45+h_ret+h_vc+hf;
```

end

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.1.2 Pérdidas de carga del apartado cuatro de la memoria.

A.1.3. Cálculo Bomba Centrífuga

En esta función de Matlab se tiene como entrada el caudal necesario (m^3/s), el rendimiento de la bomba (%), la presión necesaria en el punto de aplicación (bar), la densidad del fluido (kg/m^3), generalmente agua, la altura hidrostática (m) a la que llevar el fluido, las revoluciones de la bomba (rpm), y la suma de las pérdidas de carga (m.c.a) previamente calculadas en su subsistema.

La salida del bloque son la potencia eléctrica a aportar a la bomba (kW), el par requerido en el eje de la bomba (Nm), la presión a aportar al fluido por parte de la bomba tanto en términos de altura (m.c.a) como en términos de presión (bar), además de las pérdidas de carga totales en términos de altura (m.c.a) y en términos de presión (bar).

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [Power,Par_bomba,P_total,H_total,P_perdidas]=  
Calculo_Bomba(Q,Rend,P_app,rho,H_man,Rpm_bomba,H_roz)  
%% Calculo Potencia Hidráulica  
% Suma de mca de altura manométrica y debido a rozamiento  
H=H_roz+H_man;  
H_total=H;  
%Pérdidas de carga totales % Gravedad = 9.81 m/s2  
P_perdidas=(H_roz*rho*9.81)/100000; % perdidas en bar  
%Presion manométrica necesaria (perdidas+altura mca)  
P_man=rho*9.81*H;  
  
% Suma del incremento de presión a aportar por la bomba  
P_total_pa=(P_app*1e5+P_man); % presión bomba en Pa  
P_total=P_total_pa/1e5; % Paso de la presión aplicación de Pa a bar  
  
% Calculo de la potencia necesaria de la bomba  
Power_w=(Q)*P_total_pa/(Rend/100);  
Power=Power_w/1000; % Potencia en kW  
  
% Calculo del par necesario por la bomba  
rad_per_sec = Rpm_bomba * (2 * pi) / 60;  
Par_bomba= Power_w / rad_per_sec;  
End
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.1. Dimensionado hidráulico del apartado cuatro de la memoria.

A.2 Módulo Fotovoltaico

En la Figura A-8 se puede observar una vista general del diagrama de bloques para el módulo fotovoltaico, en este se describen como bloques tipo “constante” en el modelo los datos de los que se parte el diseño de la instalación, además de la variable tipo “input” que se ha obtenido del bloque de Bomba Hidráulica.

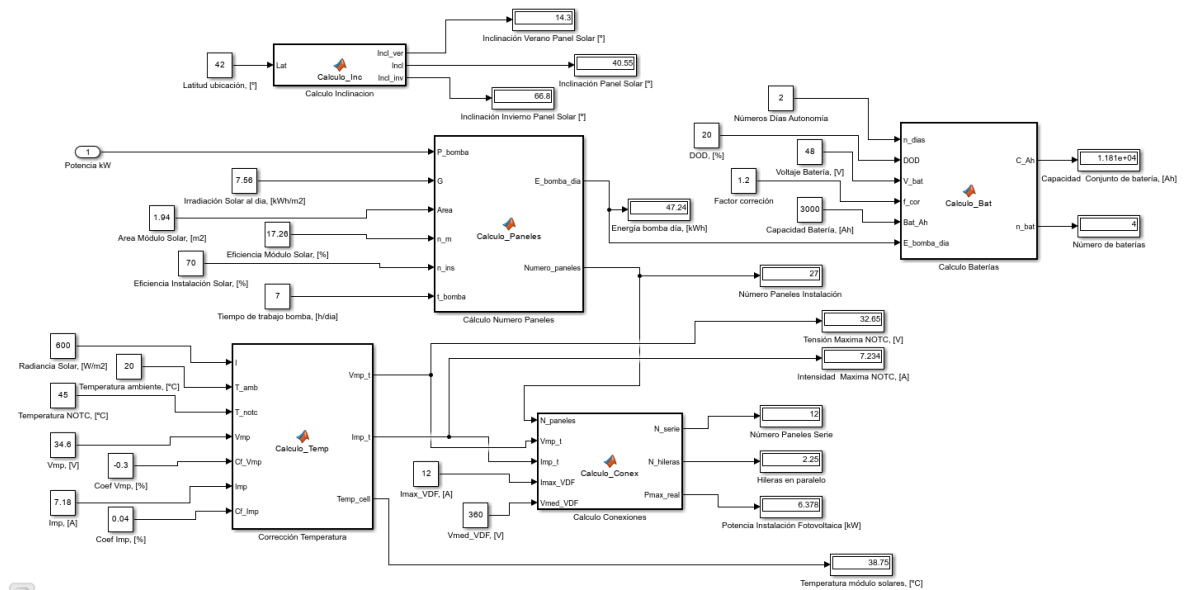


Figura A-8. Vista general de diagrama de bloques de Módulo Fotovoltaico.

Además, se muestra como salida en los bloques tipo “display” el valor de las variables calculadas.

A.2.1. Cálculo Número Paneles

En esta función de Matlab se tiene como entrada de tipo “constantes” la irradiación solar al día (kWh/m^2) obtenida del PVGIS, el área del módulo solar (m^2) obtenida del catálogo, la eficiencia del módulo solar (%), la eficiencia de la instalación solar (%) y las horas de trabajo al día de la bomba (h).

Las salidas del bloque son la energía consumida por la bomba al día (kWh) y el número de paneles necesarios para la instalación según las especificaciones del módulo solar.

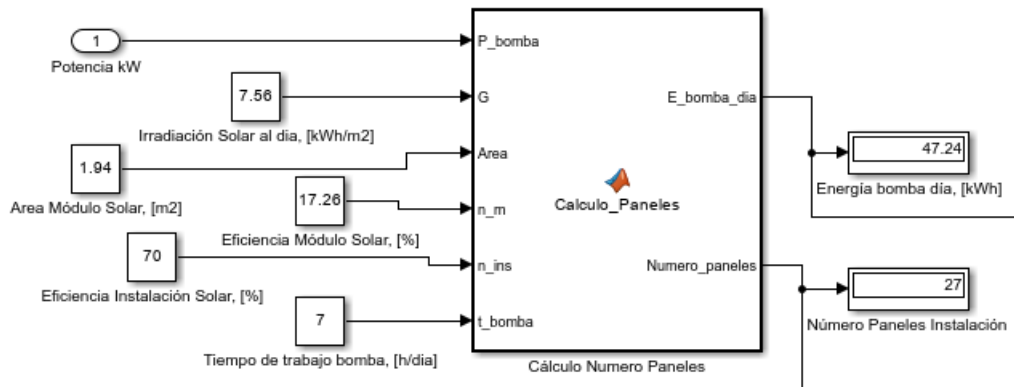


Figura A-9. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo del número de paneles.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [E_bomba_dia,Numero_paneles] =
Calculo_Paneles(P_bomba,G,Area,n_m,n_ins,t_bomba)

%% Calculo de la potencia electrica
E_bomba_dia=P_bomba*t_bomba;      % Energía consumida al día en kW/h
E_panel_dia = (Area *(n_m/100)*G*(n_ins/100));      % Calculo de la potencia
por panel
% Numero de paneles
Numero_paneles=ceil(E_bomba_dia/E_panel_dia);      % Redondeo al número entero
superior

End
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.2.1. Producción de energía eléctrica del apartado cuatro de la memoria.

A.2.2. Cálculo Inclinación

Esta función de Matlab tiene como entrada la latitud ($^{\circ}$) de la ubicación donde se va a instalar el sistema de bombeo solar.

Las salidas del bloque son la inclinación óptima para invierno ($^{\circ}$), la inclinación óptima para el verano ($^{\circ}$) y la inclinación media para todo el año ($^{\circ}$).

Para el ángulo de azimut se simplificará de la forma que, si la ubicación está en el hemisferio norte, se orientarán al sur, y si la ubicación está en el hemisferio sur, estos estarán orientados al norte.

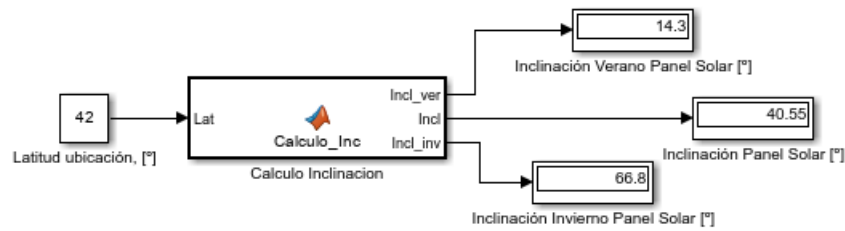


Figura A-10. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo Inclinación.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [Incl_ver,Incl,Incl_inv] = Calculo_Inc(Lat)

%% Inclinación panel solar
Incl_inv=Lat*0.9+29; % Inclinación óptima para invierno
Incl_ver=Lat*0.9-23.5; % Inclinación óptima para verano
Incl=(Incl_ver+Incl_inv)/2; % Inclinación óptima para el año

end
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.2.2.Orientación e inclinación de los paneles solares del apartado cuatro de la memoria.

A.2.3. Corrección Temperatura

En esta función de Matlab se tiene como finalidad aplicar la corrección del efecto de la temperatura de la ubicación donde se va a instalar el sistema de bombeo solar, se deberá probar la temperatura máxima y mínima anual para ver las condiciones de trabajo más desfavorables de los paneles y sus valores de salida.

Este bloque tiene como entrada la radiancia solar (W/m^2), la temperatura ambiente ($^{\circ}C$), la temperatura en condiciones normales de trabajo “NOTC” ($^{\circ}C$), el valor de tensión de máxima potencia (V), el coeficiente de corrección de tensión por la temperatura (%), el valor de intensidad de máxima potencia (A) y el coeficiente de corrección de intensidad por la temperatura (%).

Las salidas del bloque son la tensión máxima del panel en NOTC con la influencia de la temperatura (V), la intensidad máxima del panel en NOTC con la influencia de la temperatura (A) además de la temperatura de los módulos solares ($^{\circ}C$).

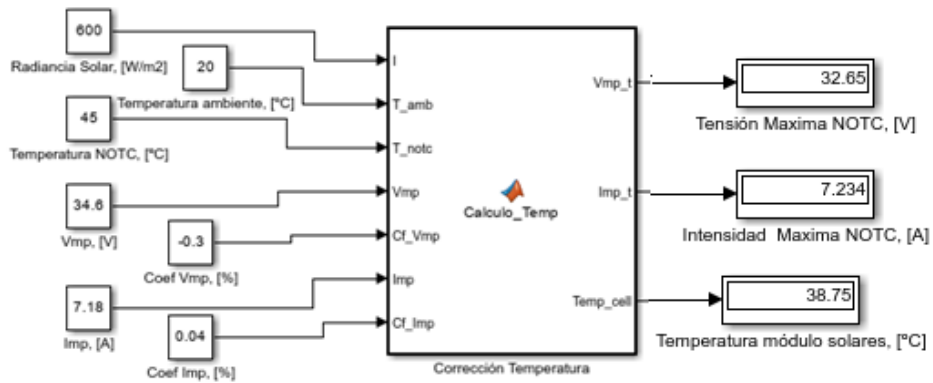


Figura A-11. Vista general de diagrama de bloques de Corrección Temperatura.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [Vmp_t,Imp_t,Temp_cell] =
Calculo_Temp(I,T_amb,T_notc,Vmp,Cf_Vmp,Imp,Cf_Imp)

%% Corrección de la temperatura
Temp_cell = T_amb+I*((T_notc-20)/800);    % Calculo de la temperatura de la
celda

Vmp_t = Vmp+(Vmp*(Cf_Vmp/100)*(Temp_cell-20)); % Tensión máxima con
influencia de temperatura NOTC
Imp_t = Imp+(Imp*(Cf_Imp/100)*(Temp_cell-20)); % Intensidad máxima con
influencia de temperatura NOTC

end
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.2.4. Influencia de la temperatura del apartado cuatro de la memoria.

A.2.4. Cálculo Conexiones

En esta función de Matlab se tiene como finalidad indicar el número de paneles en serie para alcanzar la tensión de entrada indicada en el rango de alimentación del VDF, además del número de hileras en paralelo necesarias para alcanzar la intensidad de alimentación que, junto con la tensión, de la potencia necesaria.

Este bloque tiene como entrada el número de paneles necesarios en la instalación, la tensión de salida del panel con la influencia de la temperatura (V), la intensidad de salida del panel con la influencia de la temperatura (A), la tensión que se quiere en la entrada del VDF (V) y la intensidad máxima admisible por el VDF (A).

Las salidas del bloque son el número de paneles en serie necesarios, el número de hileras en paralelo y la potencia máxima que se obtiene del conjunto fotovoltaico tras aplicar la influencia de la temperatura (kW).

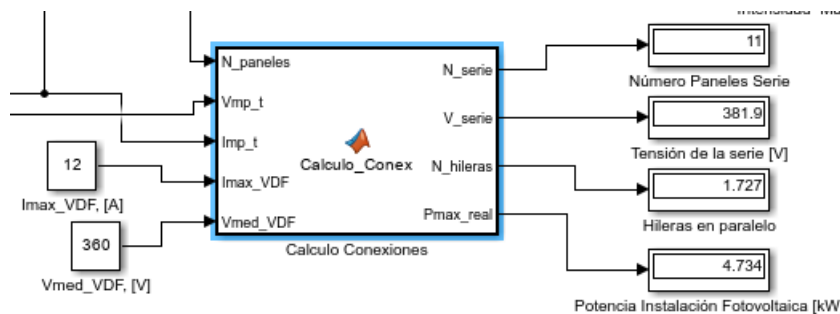


Figura A-12. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo Conexiones.

El número de hileras en paralelo es orientativo, ya que en función de cada caso se podrá variar la combinación de paneles en serie y paralelo para dar la potencia adecuada.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [V_serie,N_serie,N_hileras,Pmax_real] =
Calculo_Conex(N_paneles,Vmp_t,Imp_t,Imax_VDF,Vmed_VDF)

    %% Conexion Paneles Solares
    Pmax_real=(Vmp_t*Imp_t*N_paneles)/1000;
    N_serie=ceil(Vmed_VDF/Vmp_t); % Redondeado al número entero superior
    Tension entrada VDF/Tensión salida Panel
    N_hileras=N_paneles/N_serie;
```

```
V_serie=N_serie*Vmp_t;           % Obtención de la tensión por serie de
paneles
```

```
end
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.2.5. Conexión de módulos fotovoltaicos del apartado cuatro de la memoria.

A.2.5. Cálculo Baterías

En esta función de Matlab se calculan las baterías, teniendo como entrada el número de días de autonomía requeridos para el sistema, la profundidad de descarga “DOD” expresada en %, la tensión de la batería (V), el factor de corrección según el tipo de batería y la capacidad de cada unidad (Ah). Además de la energía demandada por la bomba al día (kWh).

Las salidas del bloque son el número de unidades requeridas para dar la capacidad del conjunto de baterías (Ah) como resultado.

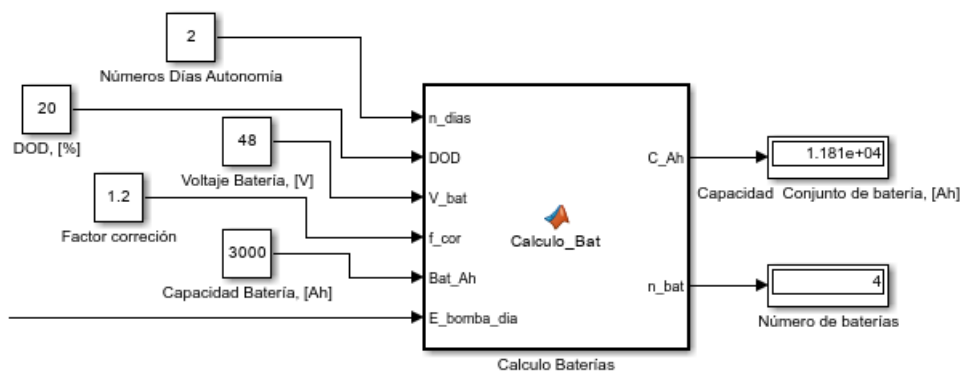


Figura A-13. Vista general de diagrama de bloques de Cálculo Baterías.

El código que lleva esta función de Matlab es el siguiente:

```
function [C_Ah,n_bat] =
Calculo_Bat(n_dias,DOD,V_bat,f_cor,Bat_Ah,E_bomba_dia)

%% Cálculo de numero de batería
C_Ah=(E_bomba_dia*1000*n_dias*f_cor)/(V_bat*(DOD/100)); % Cálculo
capacidad del conjunto de baterías
n_bat=ceil(C_Ah/Bat_Ah);           % Cálculo número de baterías

end
```

Este código aplica los modelos matemáticos desarrollados en el 4.2.6. Apoyo con baterías del apartado cuatro de la memoria.

ANEXO B. IMPLANTACIÓN EN SIMATIC STEP 7

En este anexo se va a especificar como se ha desarrollado el software del PLC SIMATIC Step 7 de Siemens para el control y monitoreo del sistema de bombeo.

B.1. Programación PLC

Para la automatización del sistema se realiza un código formado por los “Bloques de programa” que se observan en la Figura B-1. En los cuales se emplea principalmente como lenguaje de programación gráfico el Lenguaje de Contactos (Ladder Diagram), aunque también admite lenguajes adicionales como Statement List (ST) y Function Block Diagram (FBD).

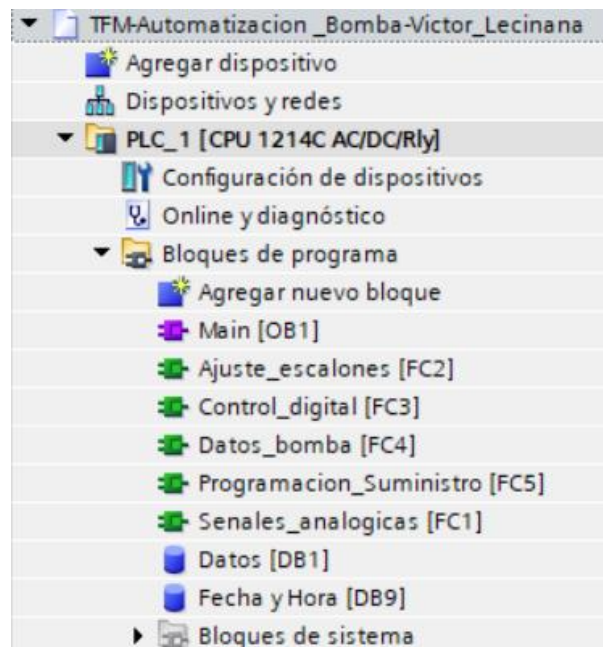


Figura B-1. Bloques de programa TIA Portal.

Existen diferentes tipos de bloques de programa empleados en la programación de la automatización del sistema. Según la utilidad, y tipo de datos que almacenan, estos se dividen en las categorías de la Figura B-2.



Figura B-2. Tipología de bloques de programa.

El tipo OB y FC almacenan código de lógica programada, mientras que el DB se emplea para almacenar diferentes tipos de datos.

En todo en programa se emplearán formatos de variables de según su identificador de operando.

- %I0.0: Bit tipo entrada digital, se trata de una entrada o contacto al PLC.
- %Q0.0: Bit tipo salida digital, se trata de un actuador o bobina del PLC.
- %M0.0: Bit tipo auxiliar, se emplea como variable interna del PLC.
- %IW10: Tipo “word” entrada analógica al PLC, la información de entrada en forma de palabras de 16 bits.
- %QW20: Tipo “word” salida analógica del PLC de 16 bits.
- %MW30: Tipo “word” de 16 bits que se emplea como variable auxiliar.

B.1.1. Main [OB1]

El OB1 se emplea como bloque de programa principal en el cual se ejecuta el código básico y la llamada a otras funciones del código.

- **Segmento 1**

En este primer segmento del bloque de programa se controla mediante los contactos de bit “Pulsador_ON” y el “Pulsador_OFF”, el Set/Reset respectivamente de la variable “Máquina_ON”, la cual muestra el estado de la máquina. Como actuador al estado de máquina encendida, se coloca una bobina de salida “Luz_Máquina” como indicativo luminoso.

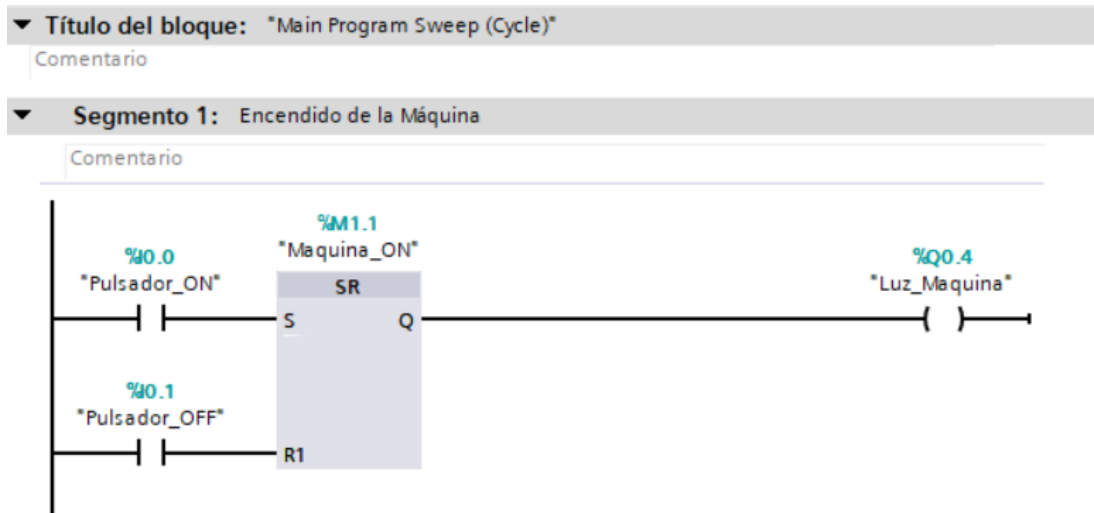


Figura B-3. Encendido de la Máquina. Segmento 1. OB1.

- **Segmento 2**

En este segundo segmento, se controlará el estado de la variable "Sistema_ON" colocándose activo (Set) si el contacto "Máquina_On" está enclavado y se lleva un 1 al bit de "Pulsador_Marcha" en algún momento.

El estado de la variable del sistema se desactivará (Reset) si se activa en cualquier momento el estado auxiliar "Sistema_OFF" por medio de cualquiera de las condiciones que se explicarán más adelante, en la Figura B-5.

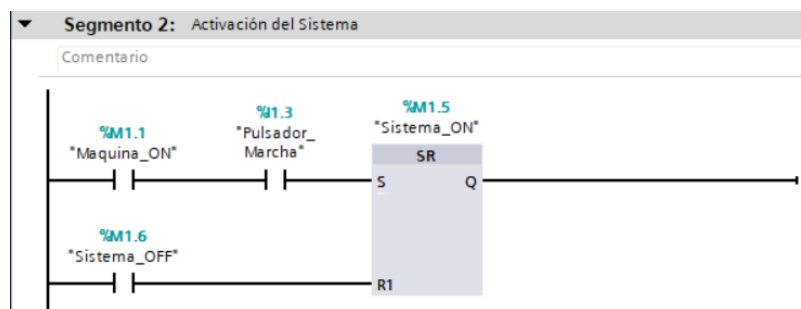


Figura B-4. Activación del Sistema. Segmento 2. OB1.

- **Segmento 3**

En este segmento se activará la bobina “*Sistema_OFF*” si se activa el bit de “*Emergencia_On*”, el “*Pulsador_OFF*”, el “*SN_Superior*” o llega un cero al “*SN_Inferior*”.

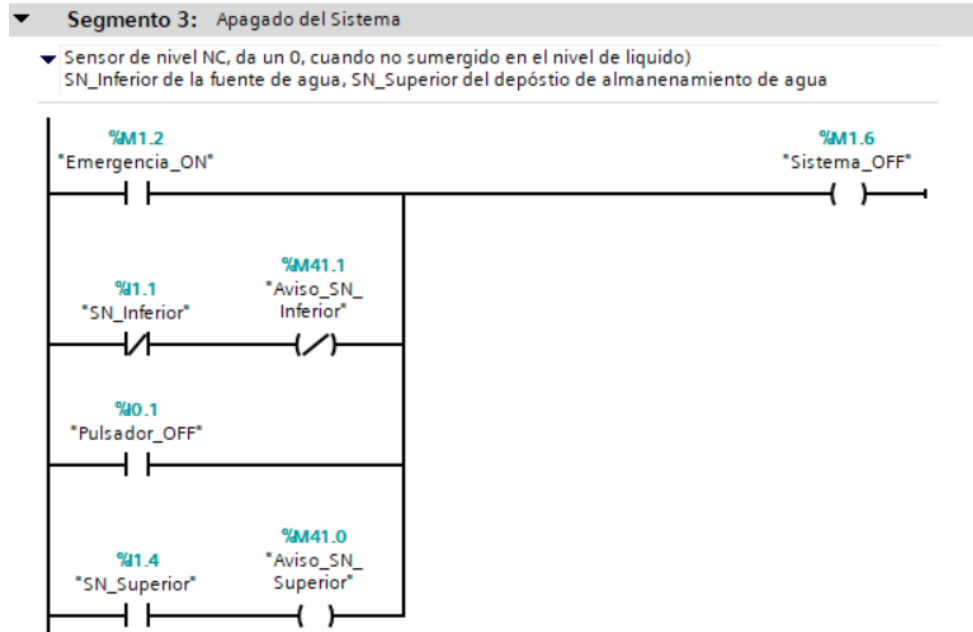


Figura B-5. Apagado del Sistema. Segmento 3. OB1.

Las variables SN hacen referencia al sensor de nivel, colocándose la “*SN_Inferior*” encima de la bomba hidráulica en la fuente de agua, para apagar el sistema de bombeo cuando el nivel de agua vaya a encontrarse bajo el nivel de la admisión de la bomba hidráulica. Este sensor se codifica e instala como un contacto NC, normalmente cerrado.

La variable “*SN_Superior*” hace referencia al sensor de nivel del depósito de almacenamiento de agua en altura, el cual se colocaría en la parte superior del depósito para apagar el sistema de bombeo si el nivel llega al máximo admisible. Este sensor se codifica e instala como un contacto NO, normalmente abierto.

La ventaja de estos sensores es que la simple rotación de este permite alternar entre un contacto NO y uno NC.

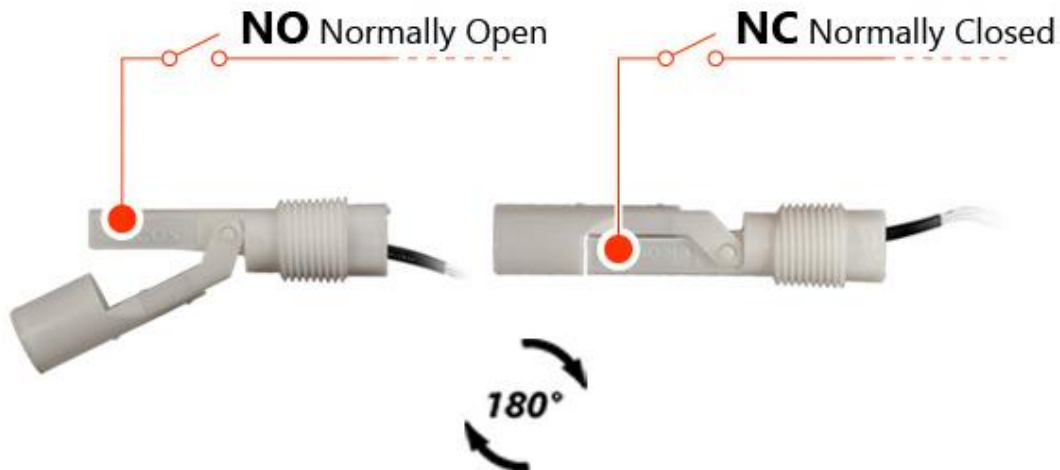


Figura B-6. Sensor de nivel EICOS, modelo LA12N-40.

- **Segmento 4**

En este segmento se lleva a cabo la puesta a *Reset* o apagado de todos los actuadores físicos del sistema si la máquina se encuentra apagada. Entre los actuadores están el “Relé_Bomba”, la “Luz_Maquina” y la “Luz_Emergencia”.

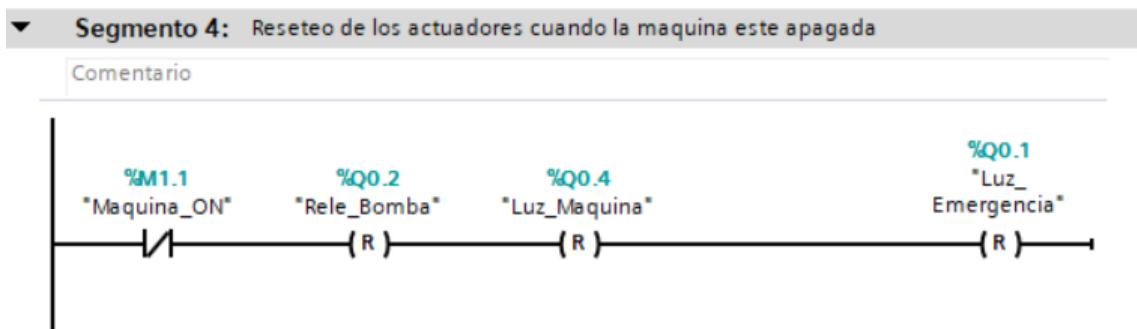


Figura B-7. Apagado de actuadores. Segmento 4. OB1.

- **Segmento 5**

En este segmento se lleva a cabo la llamada al resto de bloques de función (FC) establecidas en el sistema.

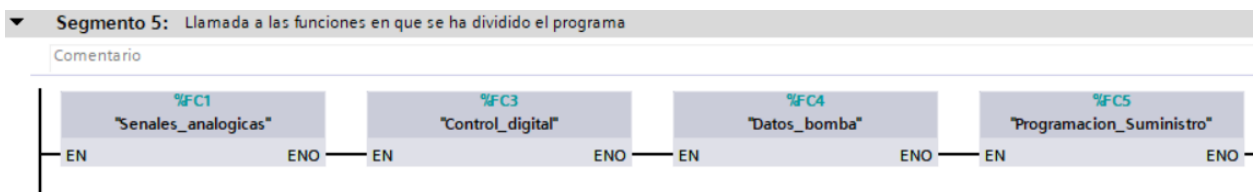


Figura B-8. Llamada a FC definidas. Segmento 5. OB1.

- **Segmento 6**

En este segmento se definen las condiciones que llevan al estado de “*Emergencia_ON*”, las cuales son el estado activo de la máquina encendida y el pulsado en cualquier momento la seta de emergencia “*Pulsador_Emergencia*”. La activación del estado de emergencia lleva a la máquina al apagado tal como se ha definido en el segmento 3.

El estado activo de “*Emergencia_ON*” tiene la consecuencia de activación del actuador “*Luz_Emergencia*”, con una frecuencia de 2 Hz y la activación de un bit “*Alarma_Emergencia*” que se empleará posteriormente para emitir un aviso de alarma por el visor interactivo del HMI.

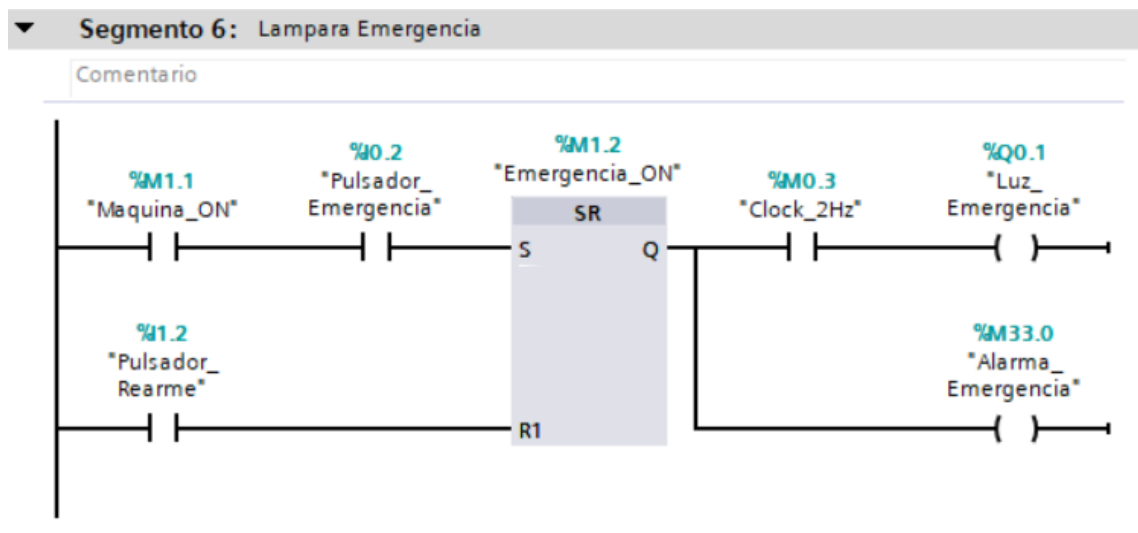


Figura B-9. Lámpara Emergencia. Segmento 6. OB1.

B.1.2. Datos [DB1]

En este bloque de datos del programa se almacenan las variables empleadas para el cálculo que se emplea en los siguientes bloques de función.

Datos							
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	V
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Presion_bomba	Real	2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Caudalimetro	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Rpm_bomba	Real	1500.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Rpm_salida_bomba	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Potencia_bomba	Real	20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Caudal_bomba_m3-s	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Caudal_bomba_m3-h	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Rend_bomba	Real	80.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Caudal_bomba_m3	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Tiempo_ms_bomba	DInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Tiempo_h_bomba	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura B-10. Bloque de Datos del programa. DB1.

B.1.3. Fecha y hora [DB9]

En este bloque de datos del programa se almacenan las variables empleadas para el monitoreo temporal de los bits de activación del suministro. Se almacena la lectura de la hora local en un dato del tipo *DTL* y se definen constantes modificables por pantalla HMI para la definición del rango temporal de actuación del suministro.

Fecha y Hora								
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Local	DTL	DTL#1970-01-01-4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	YEAR	UInt	1970	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	MONTH	UInt	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	DAY	UInt	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	WEEKDAY	UInt	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	HOUR	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	MINUTE	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	SECOND	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	NANOSECOND	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Hora_start1	UInt	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Hora_end1	UInt	7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Hora_start2	UInt	21	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Hora_end2	UInt	23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Solar_time_start	UInt	9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Solar_time_end	UInt	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura B-11. Bloque de Datos del programa. DB1.

B.1.4. Señales analógicas [FC1]

Esta primera función se emplea para la conversión de un dato de salida a una señal analógica que vaya a un actuador o variador de frecuencia en este caso.

- **Segmento 1**

En este segmento se recibe una señal analógica (%IW6.6) que por medio de las funciones NORM_X y Scale_X se pasan a un tipo de dato cuantitativo de la instalación. Este paso de entrada analógica a datos de caudal se pretendía realizar por medio de la medición de un caudalímetro, al no disponer de él para la obtención de datos, este se calculará posteriormente por medio de las características de la bomba hidráulica escogida.

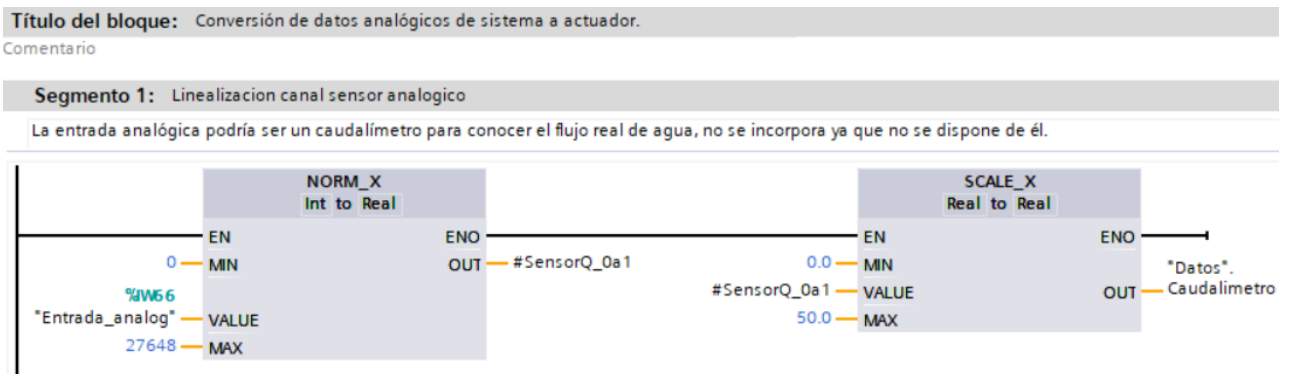


Figura B-12. Linealización del canal sensor analógico. Segmento 1. FC1.

- **Segmento 2**

En este segmento se pasa del dato de salida “Rpm_salida_bomba” a un valor de la salida analógica (%QW80) que será recibido por el VFD y este será encargado de variar la frecuencia de alimentación alterna al motor para variar sus revoluciones de salida.

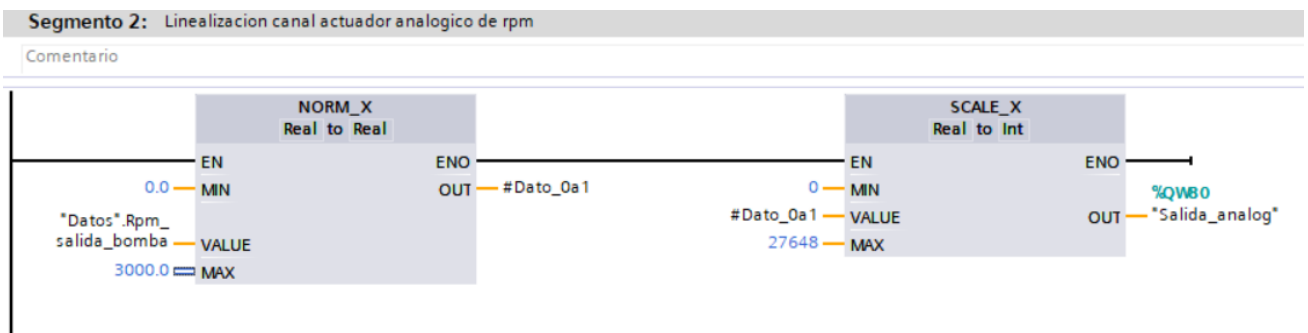


Figura B-13. Linealización del canal actuador analógico. Segmento 2. FC1.

Esta salida analógica del PLC del tipo palabra de datos (16 bits) de QW va de los valores 0 a 27648, que luego se transforma en una señal eléctrica analógica. y se conecta a la entrada del VFD SINAMICS V20, disponible en el Laboratorio de Tecnología Eléctrica C4-2-20 de la EINA, Universidad de Zaragoza.

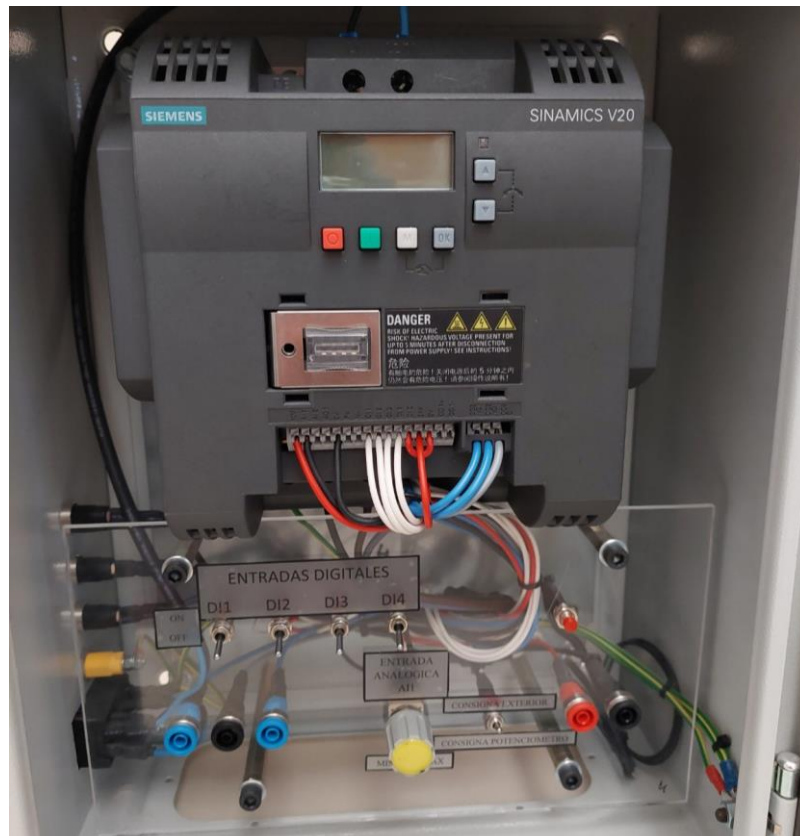


Figura B-14. Variador de frecuencia SINAMICS V20.

Como se ha explicado anteriormente en la introducción, el variador de frecuencia recibe una señal eléctrica que transforma en una variación de la frecuencia de la alimentación del motor, esta será la que modifique su velocidad angular del eje de salida.

El motor empleado como carga y comprobación de las revoluciones de salida correspondientes al dato calculado en el PLC en el laboratorio es el motor trifásico Panasonic, modelo M8MX25G4YGA de 25 W.

En este se pudo comprobar con un tacómetro digital láser que las revoluciones de salida del motor eran de 1490-1510 rpm aproximadamente, estando estas definidas para ser 1500 rpm en el PLC, cometiendo un error del 0.67% debido a imprecisiones del sistema.



Figura B-15. Motor trifásico Panasonic, modelo M8MX25G4YGA de 25 W.

B.1.5. Ajuste escalones [FC2]

Esta función se puede emplear para aumentar o disminuir los valores de las variables de entrada del bloque de datos (tipo *Int* o *Real*), los cuales se emplean en el monitoreo del funcionamiento del sistema de bombeo.

- **Segmento 1**

Este segmento es una función por llamar en otros bloques, teniendo este sus propias variables de entrada booleanas “S+” o “S-” y sus variables de tipo *Real* para las entradas “Resultado_valor”, “Escalón_valor”, “Máximo” y “Minimo” y variable de salida (Output de la función).

Se emplean las funciones predefinidas de suma (ADD), de sustracción (SUB) y para limitar los valores de la variable la función de límite (LIMIT).

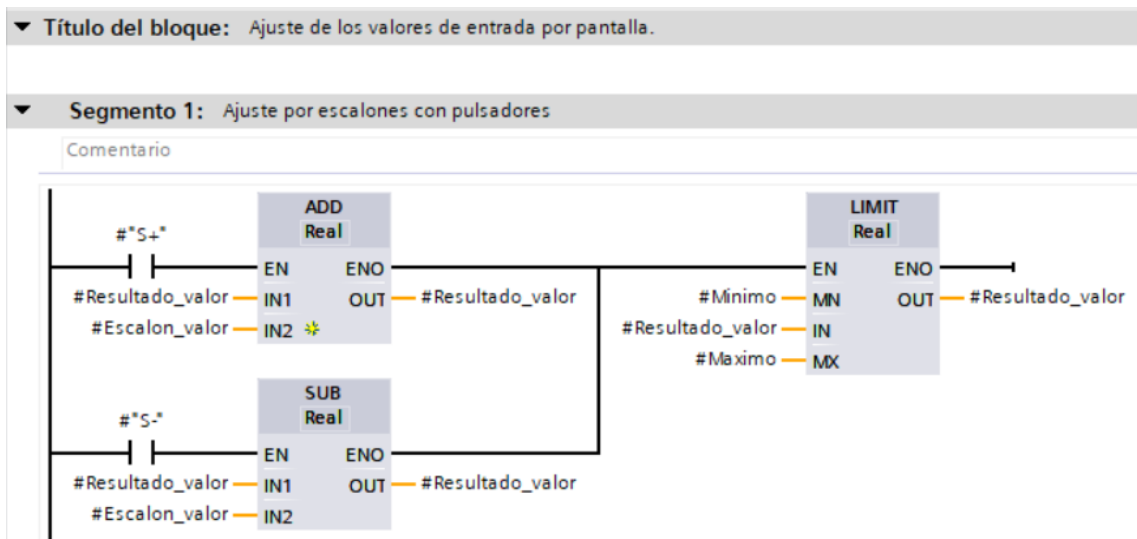


Figura B-16. Función de ajuste de los datos de entrada. Segmento 1. FC2.

Cuando se llama a la función, se emplea un bloque que tiene como entrada booleana los contactos declarados en el PLC y como entrada de datos tipo *Real* las constantes que se marquen al llamar a la función. En la Figura B-17 se puede ver el uso de esta función en el *Main [OB1]* para poder variar el valor del incremento de presión aportado por la bomba.

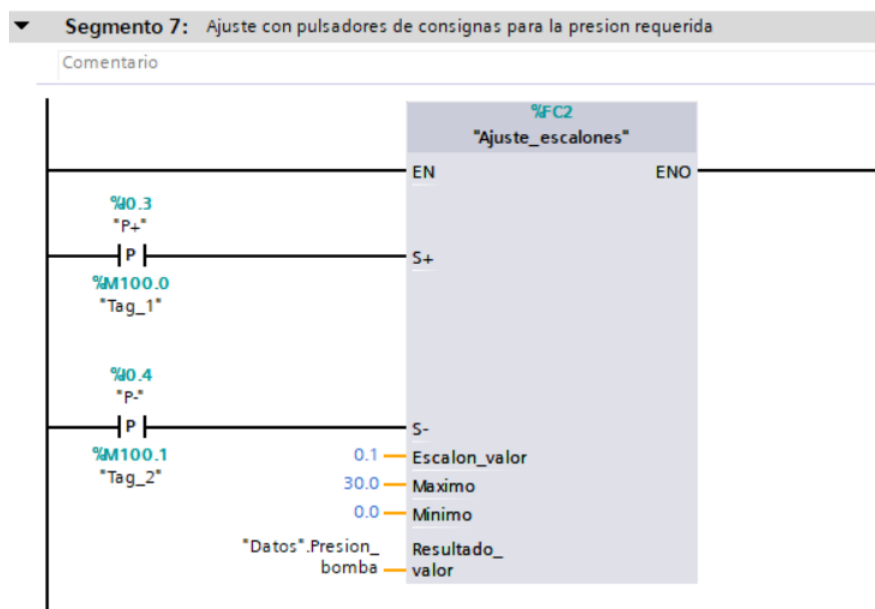


Figura B-17. Llamada a función de ajuste de valores de la Presión. Segmento 7. OB1.

Para el resto de las variables del bloque de dato de entrada se empleará la función de *Incrementar/Decrementar* variable que tiene predefinida el visor HMI.

B.1.6. Control digital [FC3]

En esta función se va a especificar el encendido y apagado de la bomba, tanto si se trata de una bomba que va conectada directamente a la alimentación por medio del control de un relé, o si se trata de un motor que requiere un VFD, donde la salida será el número de rpm que deberá llevar el eje de salida, dato previo a la linealización de este en el bloque FC1 para ser una señal eléctrica legible por el variador.

- **Segmento 1**

En este segmento se especifica cuando se activará el relé de alimentación de la bomba o qué dato de rpm se llevará a la entrada del VDF. El estado de "Bomba_Marcha" se encontrará activo cuando el sistema esté activado y el bit de "Suministro_Deposito" este activo, el cual es programado de forma horaria en el bloque FC5. El estado de marcha de la bomba se llevará a *Reset* cuando el contacto de "Sistema_OFF" previamente definido se active o no esté activado el bit de "Suministro_Deposito".

Cuando el estado "Bomba_Marcha" esté activo se activará el actuador en forma de relé de alimentación de la bomba "Relé_Bomba" y se escribirá en la variable de datos de "Rpm_salida_bomba" el valor que se defina como parámetros de la bomba.

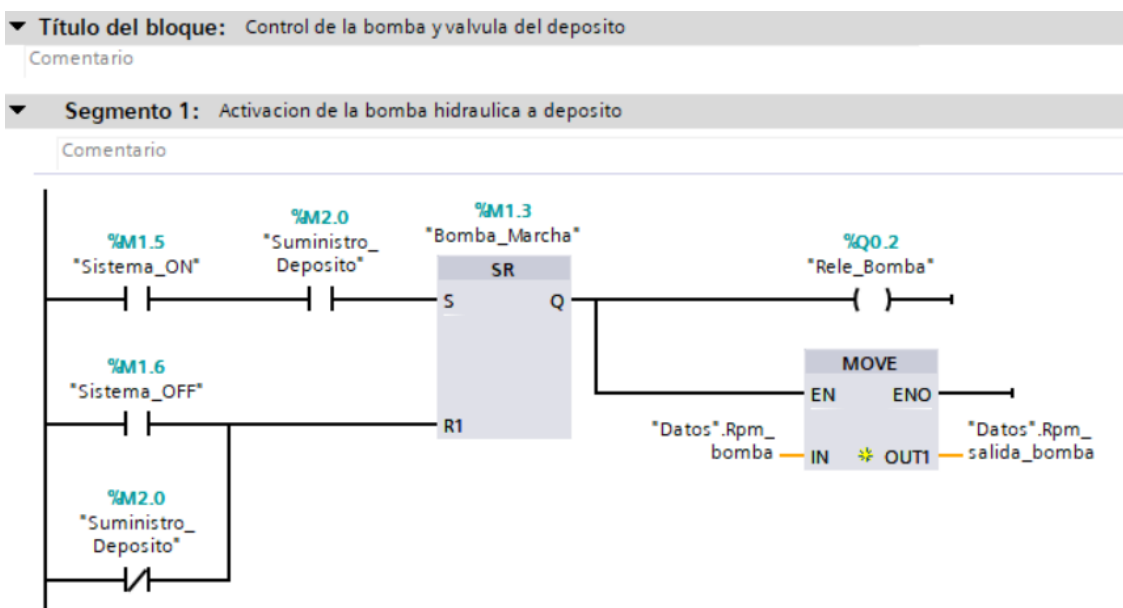


Figura B-18. Activación de la bomba hidráulica. Segmento 1. FC3.

- **Segmento 2**

En este segmento se llevará el valor constante de 0 rpm en la variable de datos de “Rpm_salida_bomba” cuando la bomba esté desactivada según lo definido en el segmento previo.

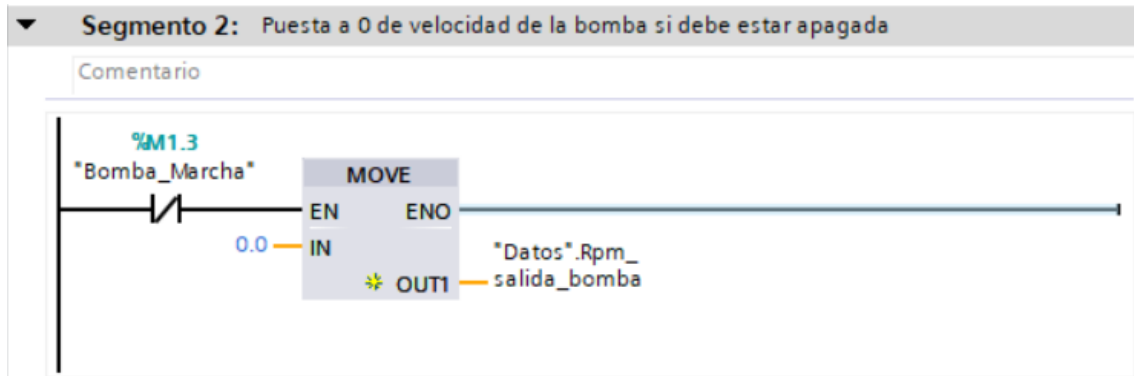


Figura B-19. Parada de la bomba hidráulica. Segmento 2. FC3.

- **Segmento 3**

En este segmento se realizará la activación del actuador “Válvula_aplicación” el cual será la apertura de la electroválvula que permitirá el paso del agua del depósito de almacenamiento a la aplicación del bombeo, por ejemplo, al sistema de riego.

El actuador “Válvula_aplicación” se activará cuando se active el bit de “Suministro_Aplicación”, el cual es programado de forma horaria en el bloque FC5.

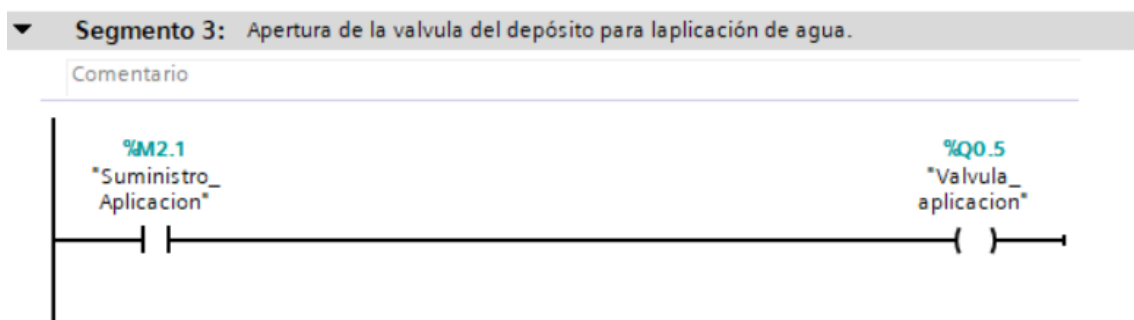


Figura B-20. Apertura de la electroválvula de suministro. Segmento 3. FC3.

B.1.7. Datos bomba [FC4]

En esta función se va a realizar el cálculo de las características de suministro tales como el cálculo del caudal aportado por la bomba, su tiempo en funcionamiento y el volumen suministrado para poder mostrar, posteriormente, estos datos en el visor de monitoreo HMI.

- **Segmento 1**

Este segmento calcula el caudal aportado por la bomba en las unidades de m³/h, para ello, estando el contacto de “Sistema_On” activado se va a leer el valor aportado de entrada en las variables del bloque de datos de “Presión_bomba” en bares (Bar), la “Potencia_bomba” en vatios (W) y el rendimiento de la bomba “Rend_bomba” en porcentaje (%).

$$P [W] = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot p [bar] \cdot 10^5 \left[\frac{Pa}{bar} \right]}{\eta [\%] / 100}$$

Posteriormente se pasa el caudal en las unidades de m³/s a m³/h y se obtiene el dato a mostrar en el HMI.

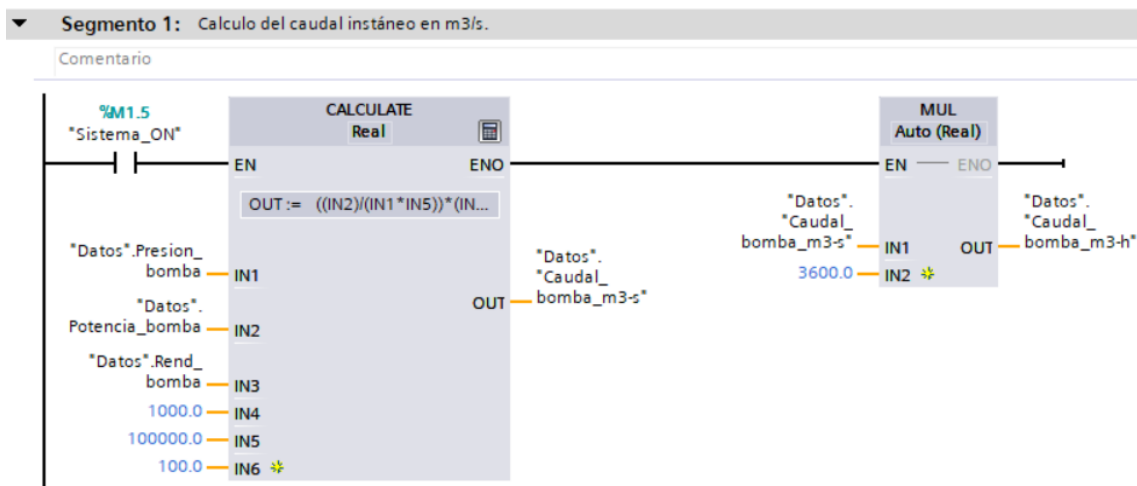


Figura B-21. Cálculo del caudal aportado por la bomba en m³/s. Segmento 1. FC4.

- **Segmento 2**

Este segmento calcula las horas en funcionamiento mediante un contador de tiempo que se activa cuando el bit de “*Bomba_Marcha*” esté activo, este contador cuenta microsegundos en el dato de salida *ET* del temporizador, el cual se convierte a horas para ser mostrado por el HMI.

Al temporizador se debe programar con un máximo de conteo para que sea reseteado, dato de entrada *PT*, este se marca como el equivalente a microsegundos de 590 h de funcionamiento. Otro bit booleano de entrada programado es el “*Reset_Caudal*” el cual, al ser activado, llevará a cero el valor del dato de salida *ET*.

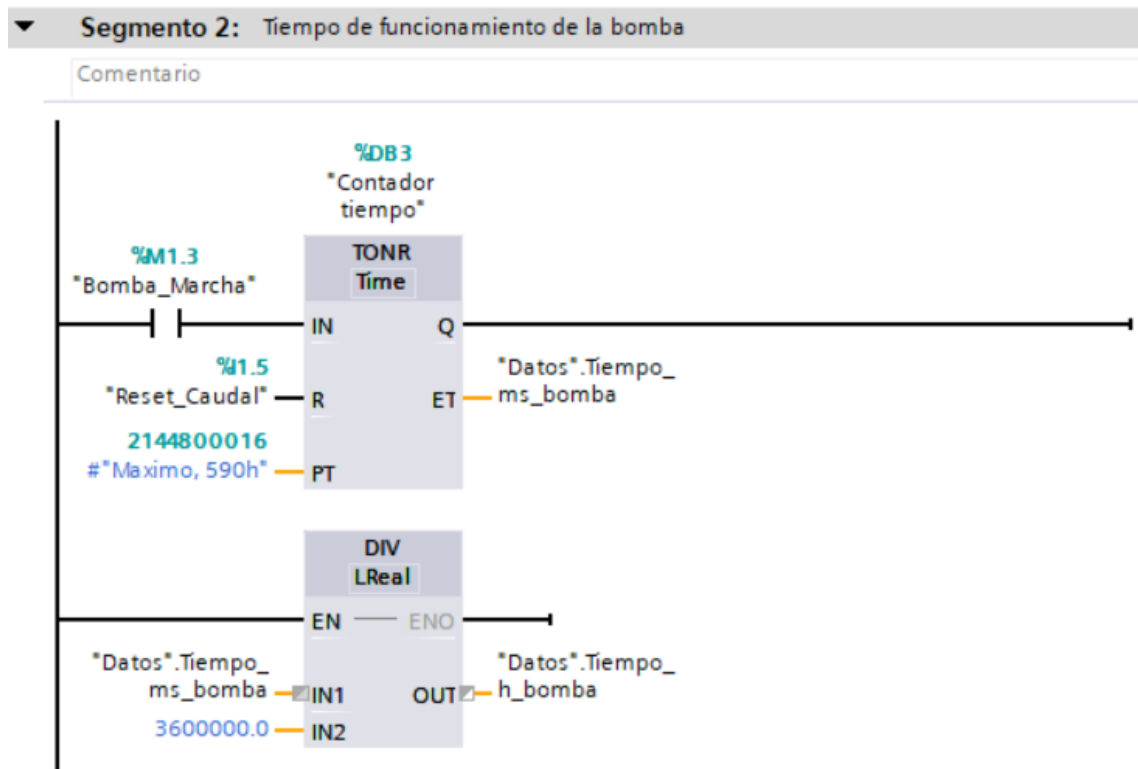


Figura B-22. Cálculo del tiempo de la bomba. Segmento 2. FC4.

- **Segmento 3**

Este segmento calcula el volumen aportado por la bomba, como producto del tiempo de funcionamiento de esta, con la conversión de microsegundos a segundos, por el caudal de la bomba. Finalmente se obtiene el dato de “*Caudal_bomba_m3*” para ser sacado por pantalla en el HMI.

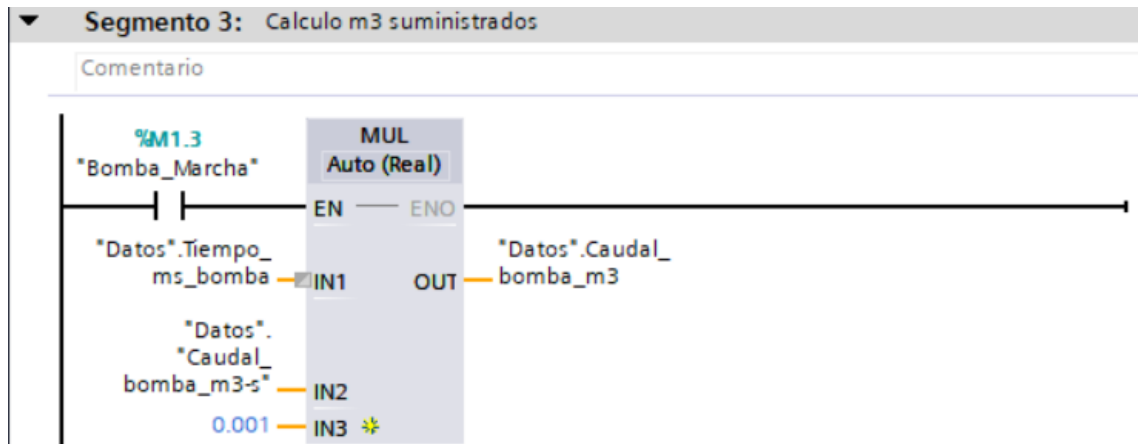


Figura B-23. Cálculo volumen bombeado. Segmento 3. FC4.

B.1.8. Programación suministro [FC5]

En esta función se va a programar la activación de los bits “Suministro_Deposito” y “Suministro_Aplicación” empleados para la codificación horaria de apertura de la electroválvula de aplicación y de la puesta en marcha de la bomba al depósito de almacenamiento.

- **Segmento 1**

En este segmento se lee mediante el siguiente bloque la hora local del sistema y se almacena en la variable tipo *DTL* del bloque de datos correspondiente a la fecha y hora.

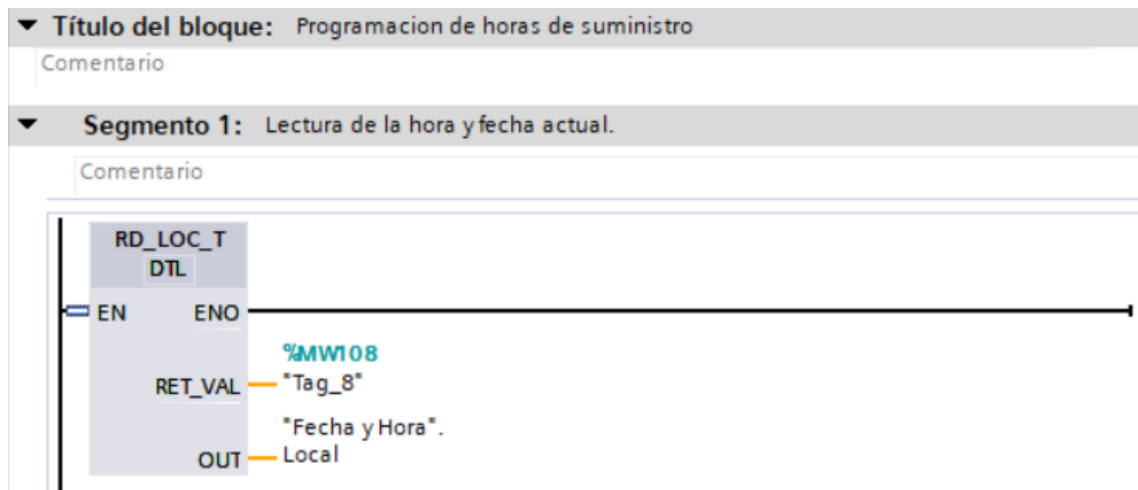


Figura B-24. Lectura de la hora local. Segmento 1. FC5.

- **Segmento 2**

En este segmento se activa el bit “*Suministro_Aplicación*” si la máquina está encendida y el valor de la unidad de tiempo *HOUR* de la hora local se encuentra en el rango definido, de los dos periodos de aplicación programados. Para ello se emplean los comparadores de *Mayor o igual*, o el de *Menor o igual* definidos en la Figura B-25.

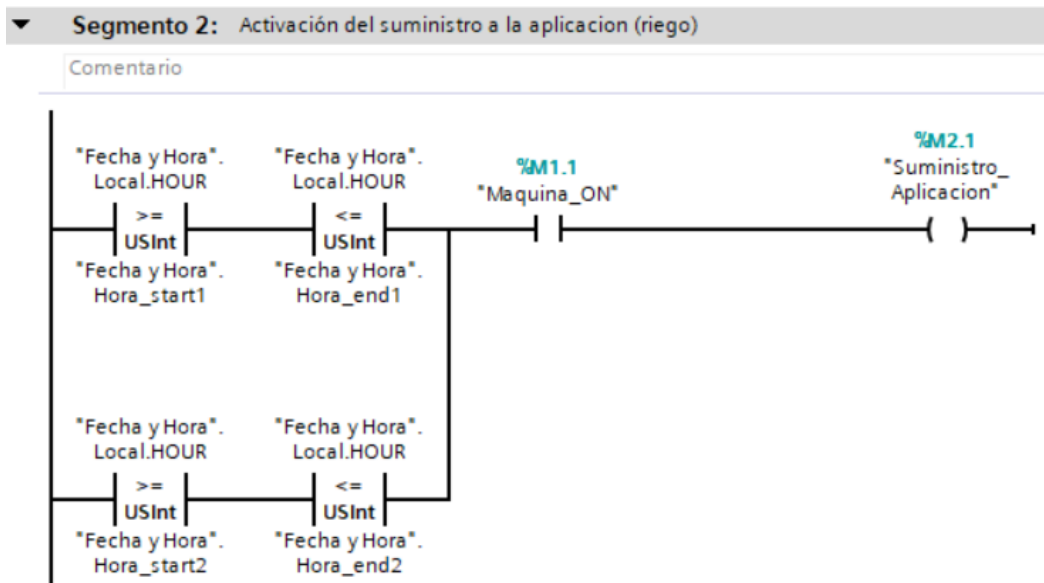


Figura B-25. Activación del suministro a aplicación. Segmento 2. FC5.

- **Segmento 3**

En este segmento se activa el bit “*Suministro_Depósito*” si la máquina está encendida y el valor de la unidad de tiempo *HOUR* de la hora local se encuentra en el rango definido en el único periodo de aplicación programados para funcionamiento de la bomba.

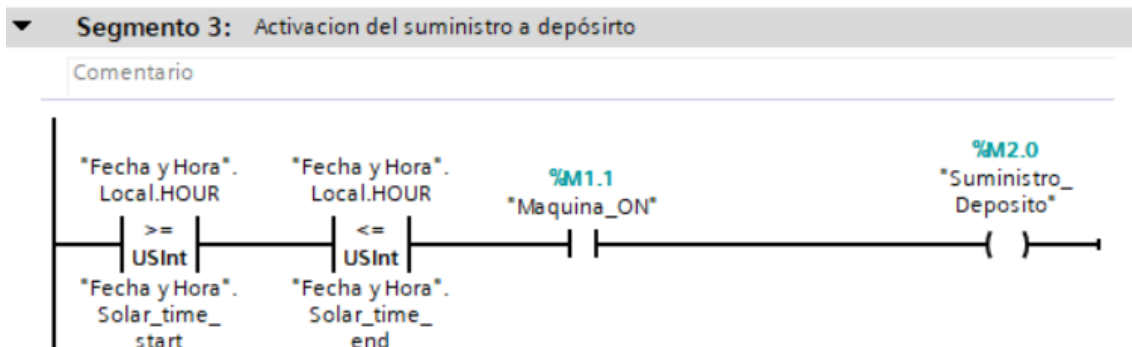


Figura B-26. Activación del suministro a depósito. Segmento 3. FC5.

ANEXO C. PRESUPUESTO MATERIAL

En este anexo se van a incluir un presupuesto material para los casos prácticos simulados.

C.1. Cultivo hortícola

Se muestra el presupuesto material para el caso simulado del cultivo hortícola.

Tabla C-1. Presupuesto material. Caso cultivo hortícola.

Nº	Elemento	Medición		Precio		Total
1	Tubería Acero Ø50	200	m	1,4	€/m	280 €
2	Codos Acero a 90° Ø50	4	Ud	11,2	€/Ud	44,8 €
3	Codos Acero a 45° Ø50	2	Ud	11,2	€/Ud	22,4 €
4	Válvulas de corte Ø50	4	Ud	20,65	€/Ud	82,6 €
5	Válvula de retención Ø50	1	Ud	13,05	€/Ud	13,05 €
6	Hidrociclón F-700	1	Ud	890,4	€/Ud	890,4 €
7	Depósito de agua de chapa	90	m ³	1.771,70	€/Ud	1.771,70 €
8	Manguitos Unión Ø50 mm	30	Ud	2,49	€/Ud	74,7 €
9	Bomba Sumergible 4SR90G/75 Pedrollo	1	Ud	1955,65	€/Ud	1955,65 €
10	Columna Flexible Coluflex	60	m	3,71	€/m	222,6 €
11	Caudalímetro	1	Ud	115,70	€/Ud	115,70 €
12	Manómetro	1	Ud	10,5	€/Ud	10,5 €
13	Módulos fotovoltaicos 335 W	19	Ud	140,5	€/Ud	2669,5 €
14	Estructura metálica	19	Ud	71,16	€/Ud	1352,04 €
15	Variador de Frecuencia S100 IP66 5,5 kW	1	Ud	325,5	€/Ud	325,5 €
16	Filtro Senoidal 5,5 kW	1	Ud	754,78	€/Ud	754,78 €
17	Interruptor Diferencial 24 A 30 mA	1	Ud	47,35	€/Ud	47,35 €
18	Interruptor Magnetotérmico 24 A	1	Ud	45,35	€/Ud	45,35 €
19	Cable Trif. VVfV-K 0,6/1 kV 10 mm ²	100	m	1,7	€/m	170 €
20	Cable Mono. VVfV-K 0,6/1 kV 6 mm ²	30	m	2,01	€/m	60,3 €
21	Protección Fusibles 50 A	2	Ud	12,55	€/Ud	25,1 €
22	Pica Toma a tierra 1514	1	Ud	31,44	€/Ud	31,44 €
TOTAL						10.965,46 €
IVA (21 %)						2.302,75 €
PRESUPUESTO MATERIAL						13.268,21 €

C.2. Granja de ganado

Se muestra el presupuesto material para el caso simulado de la granja de ganado.

Tabla C-2. Presupuesto material. Caso granja de ganado.

Nº	Elemento	Medición		Precio		Total
1	Tubería Acero Ø50	150	m	1,4	€/m	210,00 €
2	Codos Acero a 90º Ø50	4	Ud	11,2	€/Ud	44,80 €
3	Codos Acero a 45º Ø50	2	Ud	11,2	€/Ud	22,40 €
4	Válvulas de corte Ø50	4	Ud	20,65	€/Ud	82,60 €
5	Válvula de retención Ø50	1	Ud	13,05	€/Ud	13,05 €
6	Hidrociclón F-700	1	Ud	890,4	€/Ud	890,40 €
7	Depósito de agua de chapa	82,5	m3	1.771,70	€/Ud	1.771,70€
8	Manguitos Unión Ø50 mm	30	Ud	2,49	€/Ud	74,70 €
9	Bomba Sumergible 4SR90G/50 Pedrollo	1	Ud	1955,65	€/Ud	1.955,65 €
10	Columna Flexible Coluflex	50	m	3,71	€/m	185,50 €
11	Caudalímetro	1	Ud	115,70	€/Ud	115,70 €
12	Manómetro	1	Ud	10,5	€/Ud	10,50 €
13	Módulos fotovoltaicos 335 W	11	Ud	140,5	€/Ud	1.545,50 €
14	Estructura metálica	11	Ud	71,16	€/Ud	782,76 €
15	Variador de Frecuencia S100 IP66 4 kW	1	Ud	295,5	€/Ud	295,50 €
16	Filtro Senoidal 3 kW	1	Ud	684,78	€/Ud	684,78 €
17	Interruptor Diferencial 24 A 30 mA	1	Ud	47,35	€/Ud	47,35 €
18	Interruptor Magnetotérmico 24 A	1	Ud	45,35	€/Ud	45,35 €
19	Cable Trif. VVFFV-K 0,6/1 kV 10 mm2	100	m	1,7	€/m	170,00 €
20	Cable Mono. VVFFV-K 0,6/1 kV 6 mm2	30	m	2,01	€/m	60,30 €
21	Protección Fusibles 50 A	2	Ud	12,55	€/Ud	25,10 €
22	Pica Toma a tierra 1514	1	Ud	31,44	€/Ud	31,44 €
TOTAL						9.065,08 €
IVA (21 %)						1.903,67 €
PRESUPUESTO MATERIAL						10.968,75 €

ANEXO D. CATÁLOGO DE COMPONENTES

En este anexo se van a incluir los catálogos de los componentes que se han empleado en los casos prácticos de la aplicación del modelo.

1. Catálogo Bomba Sumergible Pedrollo
2. Catálogo Panel Solar ReneSola
3. Catálogo Variadores de Frecuencia VMCSolar
4. Catálogo Fitro Senoidal Atersa
5. Catálogo Baterías BAE



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **450 l/min** (27 m³/h)
- Altura manométrica hasta **238 m**

LÍMITES DE USO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m³**
- Profundidad de uso bajo el nivel del agua **200 m**
- Funcionamiento:
 - en vertical
 - en horizontal con los siguientes límites hasta **10 stages**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

USOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a **150 g/m³**. Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, para aumentar la presión etc.

PATENTES

- Patent n° **EP2419642**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

MOTOR ELÉCTRICO

- Trifásica 380 V - 60 Hz
- Monofásica 220 V - 60 Hz
- **Condensador incluido en el embalaje**

Cable de alimentación de:

- **2 m** para potencias de 1.1 a 2.2 kW
- **3.6 m** para potencias de 3 a 7.5 kW.

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

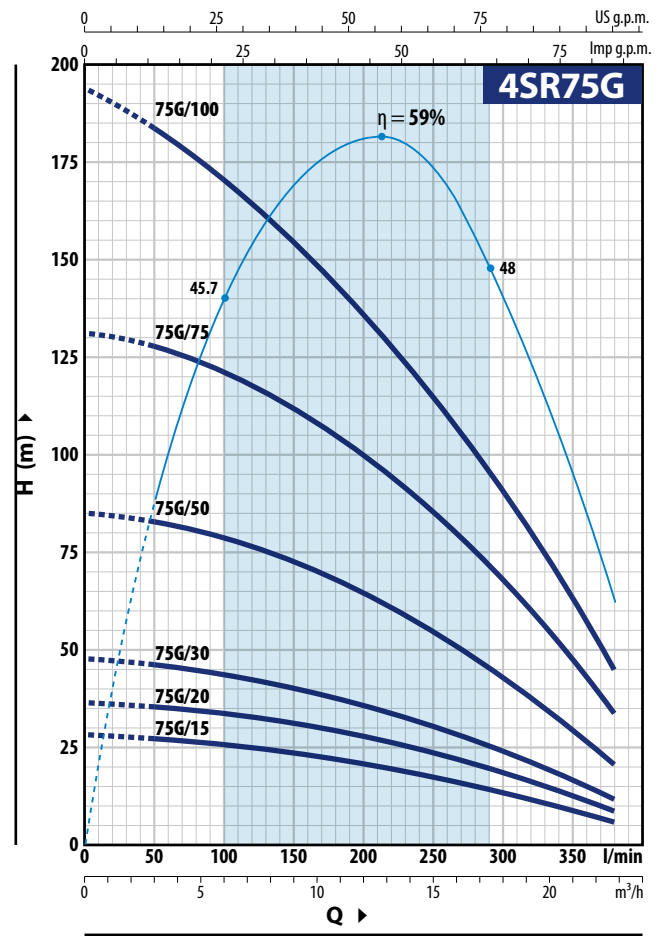
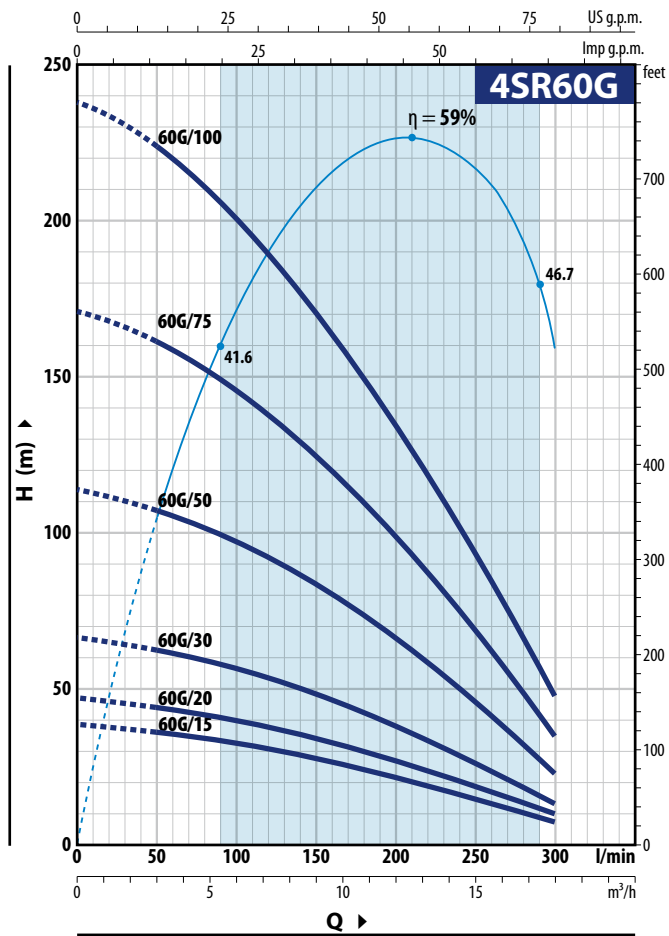
- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes
- Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes; recomendado para potencias desde 2.2 kW hasta 7.5 kW



CAMISA DE ENFRIAMIENTO

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n = 3450 min⁻¹



4SR60G

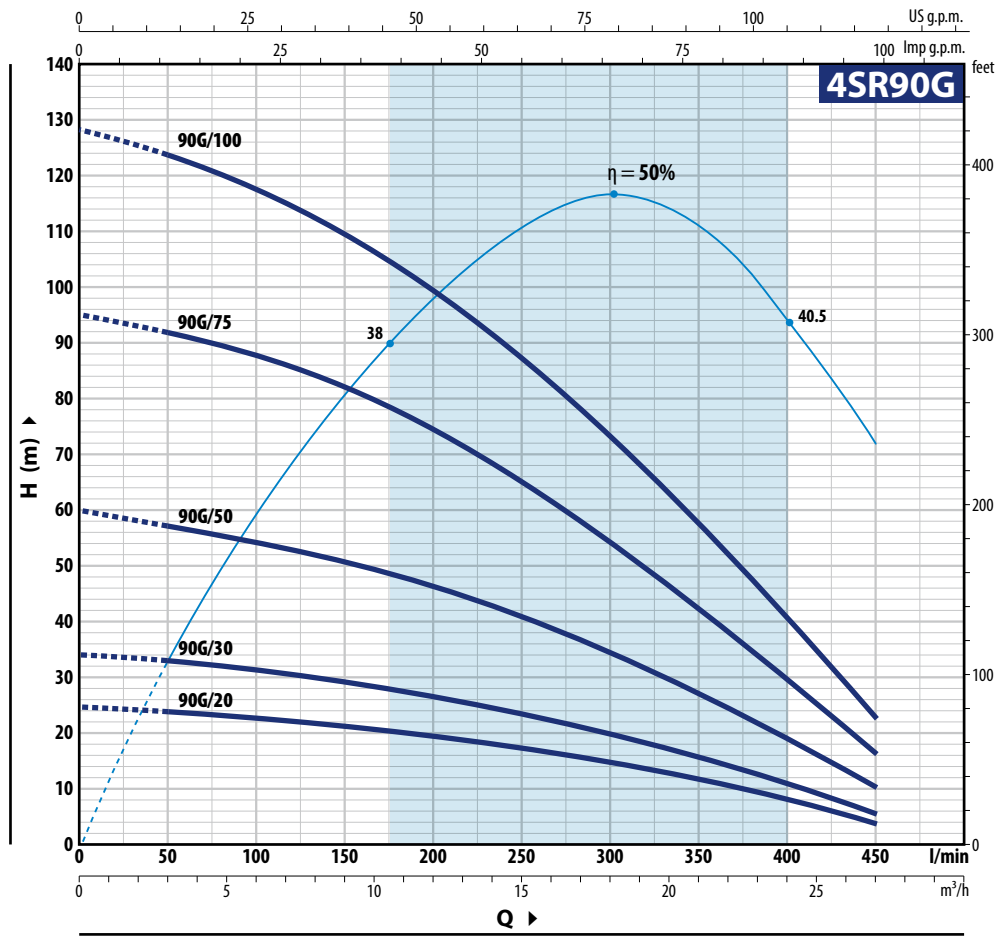
MODELO		N. ETAPAS	POTENCIA (P ₂)		Q	H metros							
Monofásica	Trifásica		kW	HP		0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	
4SRm 60G/15	4SR 60G/15	4	1.1	1.5	0	50	100	150	200	250	300		
4SRm 60G/20	4SR 60G/20	5	1.5	2	38	36	32	28	22	15	8		
4SRm 60G/30	4SR 60G/30	7	2.2	3	47	44	39.5	34	27.5	19	10		
-	4SR 60G/50	12	3.7	5	66	63	56	47.5	38	27	14		
-	4SR 60G/75	18	5.5	7.5	114	108	97	83	66	46	23		
-	4SR 60G/100	25	7.5	10	171	161	146	124	98	68	35		
					238	224	201	172	134	93	48		

4SR75G

MODELO		N. ETAPAS	POTENCIA (P ₂)		Q	H metros								
Monofásica	Trifásica		kW	HP		0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8
4SRm 75G/15	4SR 75G/15	3	1.1	1.5	0	50	100	150	200	250	300	350	380	
4SRm 75G/20	4SR 75G/20	4	1.5	2	28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6	
4SRm 75G/30	4SR 75G/30	5	2.2	3	36	36	34	32	28	23	18	12.5	9	
-	4SR 75G/50	9	3.7	5	47	46	44	40	35	30	22.5	17	12	
-	4SR 75G/75	14	5.5	7.5	85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21	
-	4SR 75G/100	19	7.5	10	130	127	122	113	102	85	66	46	34	
					192	185	173	156	135	112	87	61	46	

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.



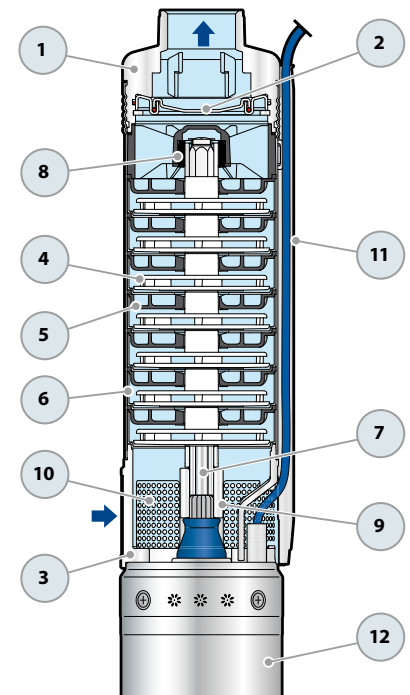
4SR90G

MODELO		N. ETAPAS	POTENCIA (P ₂)		Q	H metros									
Monofásica	Trifásica		kW	HP		0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0
					l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
4SRm 90G/20	4SR 90G/20	3	1.5	2	H metros	25	24	23	22	20	18	15	12	8	4
4SRm 90G/30	4SR 90G/30	4	2.2	3		34	33	32	30	27	24	20	16	11	6
-	4SR 90G/50	7	3.7	5		60	58	54	50	47	42	34	26	18	11
-	4SR 90G/75	11	5.5	7.5		95	92	88	83	75	66	56	42	29	17
-	4SR 90G/100	15	7.5	10		128	124	117	110	100	88	74	57	40	23

Q = Caudal H = Altura manométrica total

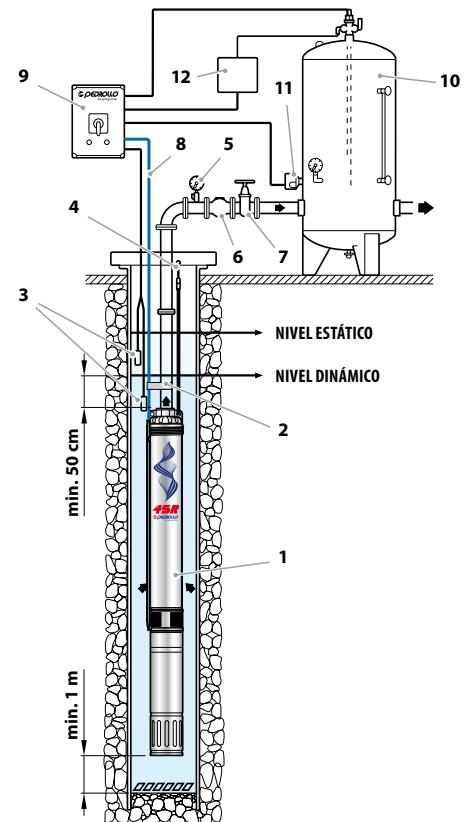
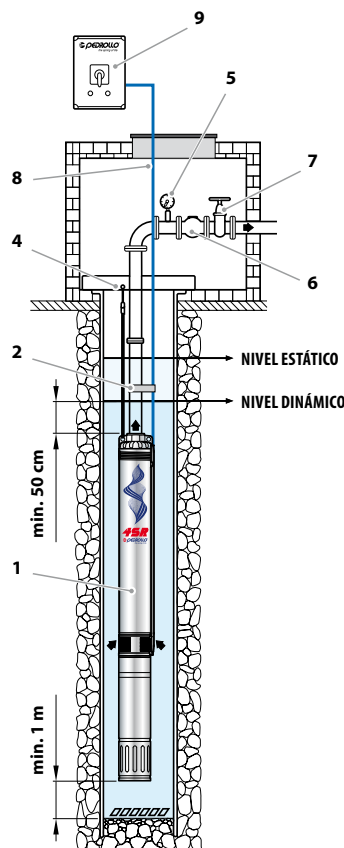
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.

POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1 CUERPO DE IMPULSION	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dotado de boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1
2 VÁLVULA DE RETENCIÓN	Acero inoxidable AISI 304
3 SOPORTE	Acero inoxidable AISI 304, dimensiones según norma NEMA
4 RODETE	Lexan
5 DIFUSOR	Noryl
6 CAJA PORTA DIFUSOR	Acero inoxidable AISI 304
7 EJE BOMBA	Acero inoxidable AISI 304
8 RODAMIENTOS BOMBA	Parte fija en tecnopolímero especial y parte rotatoria en acero inoxidable AISI 316 revestida de óxido de cromo para resistir a la arena
9 CASQUILLO	Acero inoxidable AISI 316L hasta 2.2 kW; acero inoxidable AISI 304 para potencias superiores
10 FILTRO	Acero inoxidable AISI 304
11 PROTECTOR CABLE	Acero inoxidable AISI 304
12 MOTOR 4"	4PD = motor en baño de aceite rebobinable



EJEMPLO DE INSTALACIÓN

- 1) Electrobomba sumergida
- 2) Cintas para fijar el cable de alimentación
- 3) Sondas control nivel contra la marcha en seco
- 4) Soporte y cable de anclaje
- 5) Manómetro
- 6) Válvula de retención
- 7) Válvula de compuerta del caudal
- 8) Cable de alimentación eléctrica
- 9) Cuadro eléctrico
- 10) Depósito autoclave
- 11) Presóstato
- 12) Electro-válvula/electro-compresor

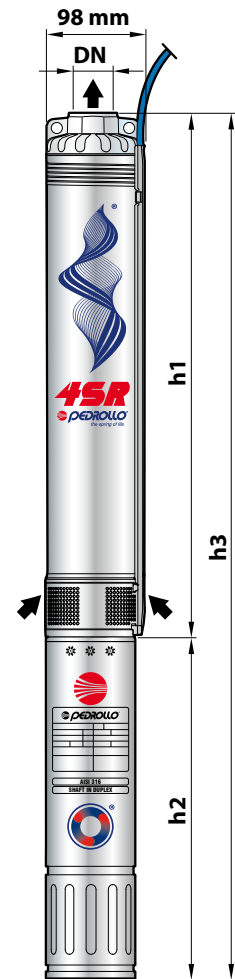


La instalación de las electrobombas **4SR** es apta para pozos con un diámetro no inferior a 4" (100 mm). La electrobomba sumergida se baja al pozo mediante el tubo de impulsión hasta una profundidad tal que garantice su total inmersión (min. 50 cm y por lo menos 1 metro desde el fondo del pozo) incluso mientras funciona, cuando se aprecia una disminución del líquido en el pozo. Cuando la electrobomba sumergida se instala en un pozo, se aconseja asegurarla con un cable de acero inoxidable para conectarla a los específicos enganches de la boca de impulsión.

DIMENSIONES Y PESOS (Bombas combinadas con motores sumergibles 4PD)

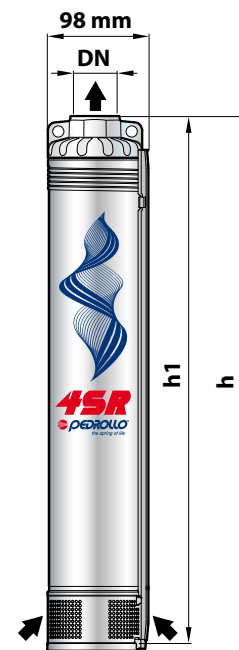
MODELO	DN	N. ETAPAS	DIMENSIONES mm			kg
			h1	h2	h3	
Monofásica						1~
4SRm 60G/15 - PD	2" NPT	4	365	396	761	14.2
4SRm 60G/20 - PD		5	416	437	853	16.1
4SRm 60G/30 - PD		7	518	492	1010	20.2
4SRm 75G/15 - PD		3	314	396	710	13.8
4SRm 75G/20 - PD		4	365	437	802	15.7
4SRm 75G/30 - PD		5	416	492	908	19.3
4SRm 90G/20 - PD		3	317	437	754	15.4
4SRm 90G/30 - PD		4	369	492	861	19.0

MODELO	DN	N. ETAPAS	DIMENSIONES mm			kg
			h1	h2	h3	
Trifásica						3~
4SR 60G/15 - PD	2" NPT	4	365	371	736	13.4
4SR 60G/20 - PD		5	416	396	812	14.6
4SR 60G/30 - PD		7	518	437	955	17.0
4SR 60G/50 - PD		12	810	505	1315	24.1
4SR 60G/75 - PD		18	1154	700	1854	35.7
4SR 60G/100 - PD		25	1548	800	2348	44.1
4SR 75G/15 - PD		3	314	371	685	13.0
4SR 75G/20 - PD		4	365	396	761	14.2
4SR 75G/30 - PD		5	416	437	853	16.1
4SR 75G/50 - PD		9	658	505	1163	22.7
4SR 75G/75 - PD		14	950	700	1650	33.6
4SR 75G/100 - PD		19	1206	800	2006	40.2
4SR 90G/20 - PD		3	317	396	713	13.9
4SR 90G/30 - PD		4	369	437	806	15.8
4SR 90G/50 - PD		7	525	505	1030	21.4
4SR 90G/75 - PD		11	770	700	1470	32.2
4SR 90G/100 - PD		15	1016	800	1816	38.5



DIMENSIONES Y PESOS (solo hidráulica)

MODELO	DN	N. ETAPAS	DIMENSIONES mm		kg
			h1	h	
4SR 60G/15 - HYD	2" NPT	4	365	368	4.0
4SR 60G/20 - HYD		5	416	419	4.4
4SR 60G/30 - HYD		7	518	521	5.3
4SR 60G/50 - HYD		12	810	813	8.0
4SR 60G/75 - HYD		18	1154	1157	11.0
4SR 60G/100 - HYD		25	1548	1551	15.1
4SR 75G/15 - HYD		3	314	317	3.6
4SR 75G/20 - HYD		4	365	368	4.0
4SR 75G/30 - HYD		5	416	419	4.4
4SR 75G/50 - HYD		9	658	661	6.6
4SR 75G/75 - HYD		14	950	953	8.9
4SR 75G/100 - HYD		19	1206	1209	11.2
4SR 90G/20 - HYD		3	317	320	3.7
4SR 90G/30 - HYD		4	369	372	4.1
4SR 90G/50 - HYD		7	525	528	5.3
4SR 90G/75 - HYD		11	770	773	7.5
4SR 90G/100 - HYD		15	1016	1019	9.5



Virtus[®] II Module

315W/320W/325W/330W/335W



High Module Conversion Efficiencies



Easy Installation and Handling for Various Applications



Mechanical Load Capability up to 5400 Pa



Conforms with IEC 61215:2005,
IEC 61730:2004, UL 1703 PV Standards



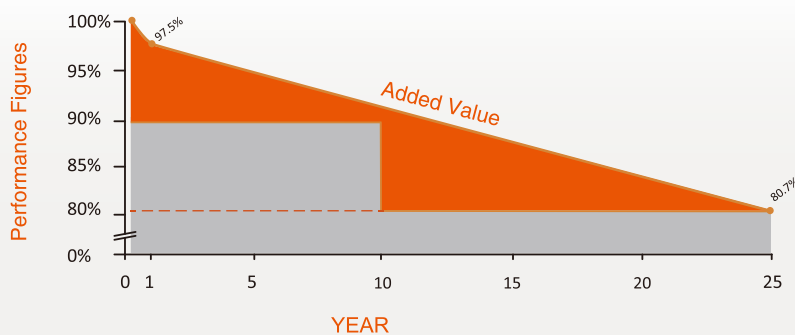
ISO9001, ISO14001, OHSAS18001 Certified



Application Class A, Safety Class II, Fire Rating Class C



Also Applicable For Modules With Black Frame
and Diamond Wire Slicing Wafer

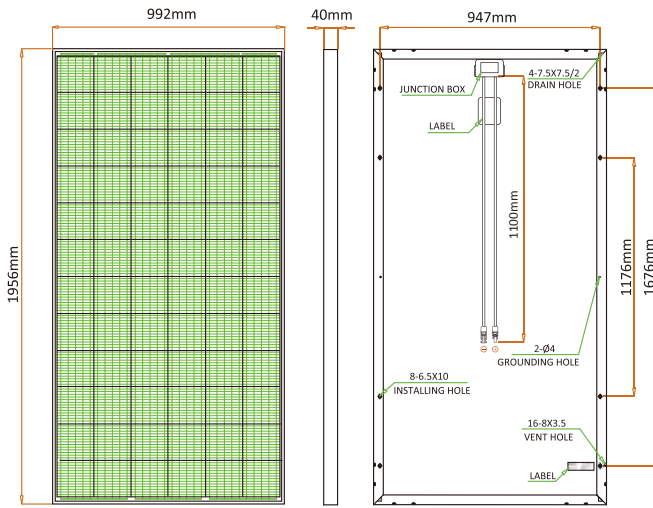


10-year
material & workmanship

25-year
linear power output

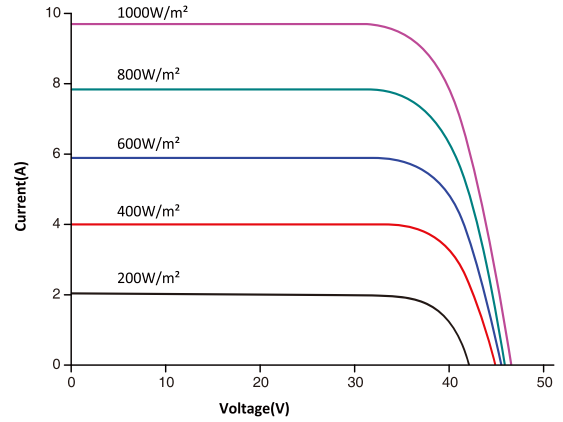


Mounting Drawings



Drawing Only For Reference

I-V Curves



Electrical Characteristics STC

	JC315M-24/Abw	JC320M-24/Abw	JC325M-24/Abw	JC330M-24/Abw	JC335M-24/Abw
Maximum Power(Pmax)	315W	320W	325W	330W	335W
Power Tolerance	0 ~+5W	0 ~+5W	0 ~+5W	0 ~+5W	0 ~+5W
Module Efficiency	16.23%	16.49%	75%	7.01%	17.26%
Maximum Power Current(Imp)	8.51A	8.56A	8.65A	8.74A	8.84A
Maximum Power Voltage(Vmp)	37.1V	37.4V	37.6V	37.8V	38.0V
Short Circuit Current(Isc)	9.09A	9.10A	9.16A	9.24A	9.32A
Open Circuit Voltage(Voc)	45.4V	45.6V	45.9V	46.2V	46.4V

Values at Standard Test Conditions STC(AM1.5, Irradiance of 1000W/m², Cell Temperature 25°C)

Electrical Characteristics NOCT

	JC315M-24/Abw	JC320M-24/Abw	JC325M-24/Abw	JC330M-24/Abw	JC335M-24/Abw
Maximum Power (Pmax)	234W	238W	241W	244W	247W
Maximum Power Current (Imp)	6.90A	6.95A	7.03A	7.10A	7.18A
Maximum Power Voltage (Vmp)	34.0V	34.3V	34.4V	34.4V	34.6V
Short Circuit Current (Isc)	7.17A	7.30A	7.50A	7.57A	7.64A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.5V	42.7V	42.9V	43.0V	43.2V

Value at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800W/m², AM1.5, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

Mechanical Characteristics

Cell Type	Virtus®II(Polycrystalline) 156x156 (±1)mm, 72(6x12) pcs in series
Glass	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP67/IP68 Rated
Dimension	*1956x992x40 mm
Output Cable	4 mm ² (EU)/12 AWG(US), 1100mm
Weight	27kg
Installation Hole Location	See Drawing Above

Characteristics

Temperature Coefficient of Voc	-0.30% /°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04% /°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40% /°C
Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	45°C ± 2°C

Packing Information

Container	20' GP	40' GP	40' HQ
Pallets per Container	10	24	24
Pieces per Container	260/250	624/600	684/660

Rev No : JC/TDS/201705 * Contact Renesola for more product information.
CAUTION:All rights reserved.Design and specification are subject to change without prior notice.

Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C~+ 85°C
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	20A

BOMBEO SOLAR

CON VARIADORES DE FRECUENCIA

www.vmc.es

- **Instalaciones** de 0.8 a 500kW
aisladas, conmutadas e híbridadas
- **Modelos VDSUN, S100 y H100**
- **Variadores con MPPT o controlador CBS**
- **Cálculo, monitorización y control**

SUN data SUN calc



SMART INDUSTRY & ENERGY SOLUTIONS

VMCSOLAR

VMCSOLAR UNA SOLUCIÓN COMPLETA

para el bombeo solar con variadores de frecuencia Vector y LS Electric



Índice

Una solución completa	2	Conjunto de la instalación.....	12
Aplicaciones y ámbitos.....	3	Controlador de bombeo solar CBS.....	14
Tipos de instalación	4	Accesorios	15
Guía de selección	5	Software de cálculo SUNcalc	16
Opciones de control.....	5	Plataforma de monitorización SUNDATA	17
VDSUN	6	Configuración del campo solar.....	18
H100 / S100 con MPPT	8	¿Porqué utilizar variadores	19
Variadores con CBS	9	en el bombeo solar?	
Variadores LS. Características.....	10		



La solución **VMCSOLAR** para el bombeo de aguas con energía solar y variadores de frecuencia VMC y LS Electric permite el máximo aprovechamiento de la energía solar disponible en cada momento, gracias a un algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT).

Esta solución es especialmente indicada tanto en **INSTALACIONES AISLADAS** como en **CONMUTADAS** o **HIBRIDADAS** a un generador o red eléctrica para que este suministre la potencia necesaria en los momentos de baja radiación solar, insuficiente para el accionamiento de la bomba.

- ✓ **Función MPPT: Máximo aprovechamiento de la energía solar disponible**
- ✓ **Adecuado para sistemas AISLADOS**
- ✓ **Posibilidad de CONMUTACIÓN e HIBRIDACIÓN con un generador o red**
- ✓ **CONTROL INTELIGENTE para evitar arranques y paros innecesarios**

El control inteligente de los estados “Dormir/Despertar” del convertidor de frecuencia evita los arranques y paros continuos e innecesarios al amanecer, anochecer y en días nublados.

En estas aplicaciones, el convertidor optimiza toda la instalación reduciendo la potencia de trabajo y el consumo de energía al mismo tiempo que aumenta la vida útil del conjunto bomba/motor.



Aplicaciones

- ✓ **Riego agrícola**
- ✓ **Suministro de agua en zonas rurales**
- ✓ **Extracción de agua subterránea para consumo humano**
- ✓ **Tratamiento de aguas residuales**

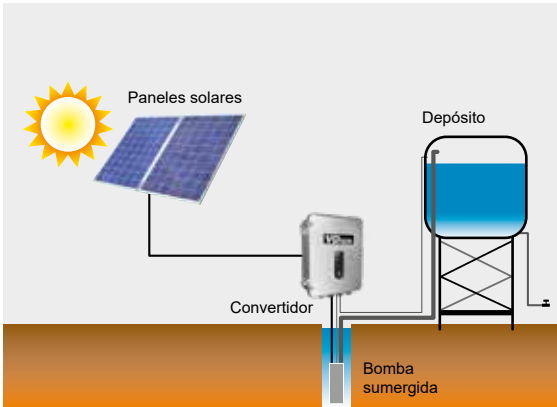


Ámbitos

- ✓ **Sustitución/combinación con generadores**
- ✓ **Zonas sin suministro eléctrico o con redes débiles**
- ✓ **Instalaciones con elevados costes energéticos**
- ✓ **Instalaciones para consumos temporales**



TIPOS DE INSTALACIÓN



1 AISLADA

Alimentación FV

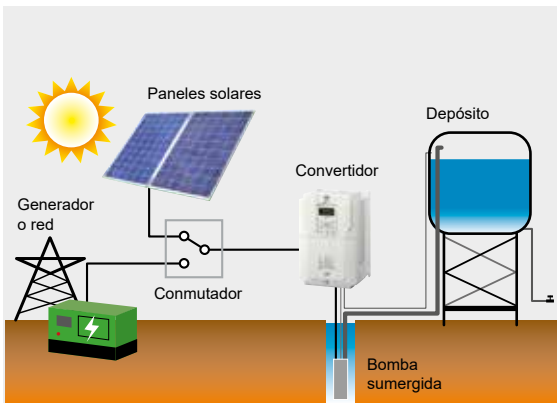
La energía solar fotovoltaica es la única fuente de energía disponible



No utiliza red eléctrica o generador.



Dependencia de las condiciones de sol. Variabilidad en control de presión.



2 CONMUTADA

Alimentación FV o generador/red

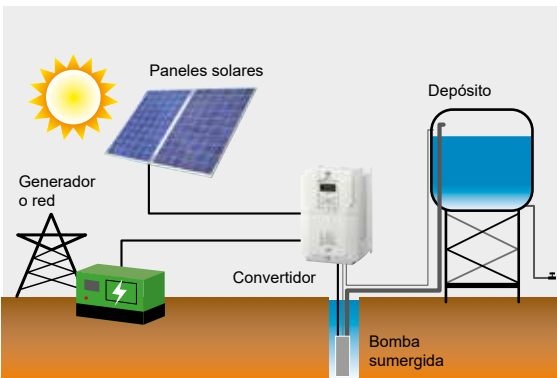
Varias fuentes de energía disponibles: fotovoltaica, generador o red



Sustituye la energía fotovoltaica por un generador o red cuando la instalación lo requiere.



No aprovecha toda la energía fotovoltaica disponible.



3 HIBRIDADA

Alimentación FV y generador/red simultáneos

Varias fuentes de energía disponibles: fotovoltaica, generador o red



Combina fotovoltaica, generador o red cuando la instalación lo requiere. Es decir: utiliza TODA la energía fotovoltaica disponible y puede utilizar CA y CC a la vez.



GUÍA DE SELECCIÓN

Tipo de instalación		AISLADA				CONMUTADA				HIBRIDADA		
Variador	IP65 / IP66	VDSUN		S100		VDSUN		S100			S100	
	IP20 (con firmware SOLAR)		IS7 / VD	S100	H100		IS7 / VD	S100	H100	IS7 / VD	S100	H100
Accesorio control		-	CBS Panel	-	-	-	CBS Panel	-	-	CBS Panel	-	-
Tipo control tensión		MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT	MPPT
Funciones	RTC Programación horaria	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓	-	✓
	Protección y registro incidencias	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Control nivel pozo	Por relé	✓	Por relé	Por relé	Por relé	✓	Por relé	Por relé	✓	Por relé	Por relé
	Control nivel depósito	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

OPCIONES DE CONTROL

1 VARIADOR CON MPPT 0.37 a 500kW

	VDSUN	S100	H100
Trifásico 230V	0.37-2.2 kW	Trifásico 240V 400V	0.4-15 kW 0.4-75 kW
			0.75-18.5 kW 0.75-500 kW



IP65



IP20
IP66



IP20

El variador de frecuencia lleva integrada la función MPPT para el seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles solares fotovoltaicos.

Cada variador, además, posee distintas funciones para el control de la bomba, control de presión, capacidad de E/S y opciones de comunicación.

2 VARIADOR + CBS PANEL CON MPPT

iS7 / VD

Trifásico
400V

5.5-500 kW



El controlador CBS gestiona la función MPPT y las opciones de comunicación para optimizar la instalación solar.

CBS permite la gestión avanzada del grupo electrógeno y varios variadores y bombas simultáneamente

Variador con MPPT

VDSUN

0.37-2.2 kW

ENTRADA CA 220V-230V, 50/60 HZ
CC 160V-450V, 50/60 HZ

SALIDA CA TRIFÁSICA 110V-230V

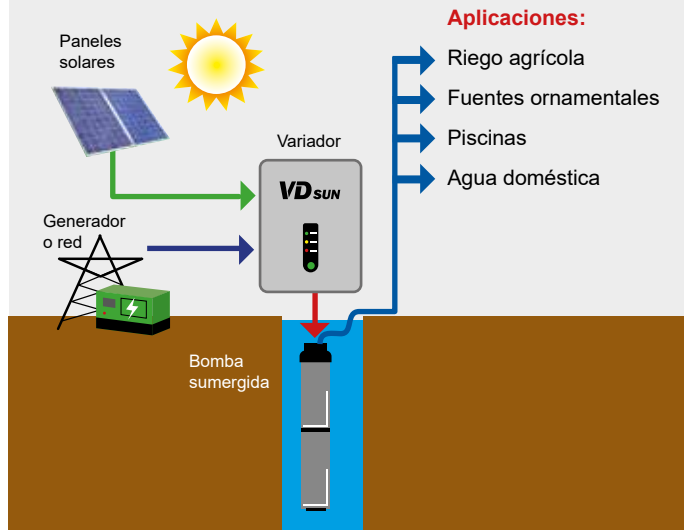


Características:

- Fácil instalación y puesta en marcha
- Envoltente de aluminio IP65 (no necesita armario)
- Elevador de tensión de entrada (reducción de cantidad de paneles)
- Configuración modular:
 - **Tipo Básico (B):**
 - Elevador de tensión (boost) integrado
 - **Tipo Premium (IFB):**
 - Elevador de tensión (Boost) integrado
 - Filtro de salida 10A integrado
 - Módulo de comunicación IOT/GPRS integrado
- Equipos programables mediante consola externa. Modelos Premium también programables por comunicación GPRS.
- Función MPPT y control de presión
- Compatible con bombas CA AM trifásicas, bombas CA PMSM trifásicas y bombas BLDC monofásicas
- Apto para instalaciones aisladas o conmutadas con generador o red
- Monitorización y control remoto mediante APP y web (modelo Premium)
- Accesorios
 - Consola remota y cable
 - Módulo filtro salida 10A (para modelo Básico)
 - Módulo IOT/GPRS (para modelo Básico) de monitorización y control remoto
 - Soporte instalación
- Comunicaciones
 - Wifi (opcional modelo Premium)

APLICACIONES

Instalaciones aisladas o conmutadas con generador o red eléctrica.



CONTROL Y MONITORIZACIÓN

APP / WEB

Control y monitorización de los equipos instalados

- ✓ Localización
- ✓ Marcha/Paro
- ✓ Reset
- ✓ Cambio de parámetros
- ✓ Configuración APP Wifi



VDSUN APP y VDSUN APP Wifi disponible para ANDROID OS en www.vmc.es





Variador con MPPT

VDSUN

0.37~2.2 kW

ENTRADA CA 220V-230V, 50/60 HZ
CC 160V-450V, 50/60 HZ

SALIDA CA TRIFÁSICA 110V-230V

VDSUN-2 para bombas de 220V AC

Entrada: 160V-450VDC, Salida: Monofásica o trifásica 230VAC

PESO Y DIMENSIONES		Código	Modelo	Tipo	kW	Elevador de tensión (Boost)	Filtro salida 10A	Módulo comunicación IOT
An x Al x P [mm]	[Kg.]							
308 x 446,5 x 151,37	6,3	01VDS00B0008230	VDSUN-B 0008-2	Básico	0,37...0,75	Incluido	Opcional	Opcional
308 x 446,5 x 151,37	6,3	01VDSIFB0008230	VDSUN-IFB 0008-2	Premium	0,37...0,75	Incluido	Incluido	Incluido
308 x 446,5 x 151,37	6,3	01VDS00B0015230	VDSUN-B 0015-2	Básico	1,5	Incluido	Opcional	Opcional
308 x 446,5 x 151,37	6,3	01VDSIFB0015230	VDSUN-IFB 0015-2	Premium	1,5	Incluido	Incluido	Incluido
308 x 446,5 x 151,37	6,3	01VDS00B0022230	VDSUN-B 0022-2	Básico	2,2	Incluido	Opcional	Opcional
308 x 446,5 x 151,37	6,3	01VDSIFB0022230	VDSUN-IFB 0022-2	Premium	2,2	Incluido	Incluido	Incluido

Características del bombeo solar:

Bombas trifásicas

Variador				Bombeo		Entrada máx. de energía solar (KW)	Tensión máx. de entrada DC (V)	Tensión total Voc recomendada (V)	Corriente de salida nominal (A)	Frecuencia de salida (Hz)
Modelo	Tensión entrada DC (V)	Tensión salida AC (V)	Potencia (KW)	Potencia nominal (KW)	Tensión Nominal (V)					
Entrada CA 220V-230V, 50/60 Hz, Entrada CC 160-450VDC, Salida 3 fases 110-230VCA										
VDSUN -...- 0008-2			0,37	0,37		1,6			4A	
VDSUN -...- 0008-2			0,75	0,75		1,8			4A	
VDSUN -...- 0015-2	160-450	230	1,5	1,5	220	3	450	360-430	7A	0-320
VDSUN -...- 0022-2			2,2	2,2		3,6			10A	

Bombas monofásicas

Variador				Bombeo		Entrada máx. de energía solar (KW)	Tensión máx. de entrada DC (V)	Tensión total Voc recomendada (V)	Corriente de salida nominal (A)	Frecuencia de salida (Hz)
Modelo	Tensión entrada DC (V)	Tensión salida AC (V)	Potencia (KW)	Potencia nominal (KW)	Tensión Nominal (V)					
Entrada CA 220V-230V, 50/60 Hz, Entrada CC 160-450VDC, Salida 3 fases 110-230VCA										
VDSUN -...- 0008-2			0,37	0,37		1,6			4A	
VDSUN -...- 0015-2	160-450	230	0,75	0,75	220	3	450	360-430	7A	0-320
VDSUN -...- 0022-2			1,1	1,1		3,6			10A	

OPCIONES

• Consola de programación y cable

Código	Modelo
01VDSKBD7015	Consola programación VDSUN con cable 1,5m

• Módulos

Código	Modelo
01VDSMGPRSBLTH	Módulo VDSUN OT/GPRS de comunicación a plataforma cloud/APP (monitorización y control remoto)
01VDSMF10AC230	Módulo VDSUN filtro salida 10A 220VAC

ACCESORIOS

• Accesorios de instalación

Código	Modelo
01VDSBASE	Accesorio VDSUN base montaje
01VDSFAN	Accesorio VDSUN montaje ventilador (ventilador, adaptador y tornillería)

MONITORIZACIÓN Y CONTROL

• Monitorización y control

Tipo	Descripción
APP VDSUN APP	App móvil para monitorización y control VDSUN Premium Android)
APP VDSUN Wifi	App móvil para configuración VDSUN Premium (Android)
Portal web VDSUN	Portal web monitorización y control VDSUN (www.vmc.es)

APP VDSUN
APP VDSUN Wifi
(Android OS)

 **DESCARGA GRATIS**
WWW.VMC.ES

Variador con MPPT

H100 TRIFÁSICO 0.75~18.5 kW 200~240V / **S100** TRIFÁSICO 0.4~15 kW 200~240V
TRIFÁSICO 0.75~250 kW 380~480V TRIFÁSICO 0.4~75 kW 380~480V

con firmware especial SOLAR

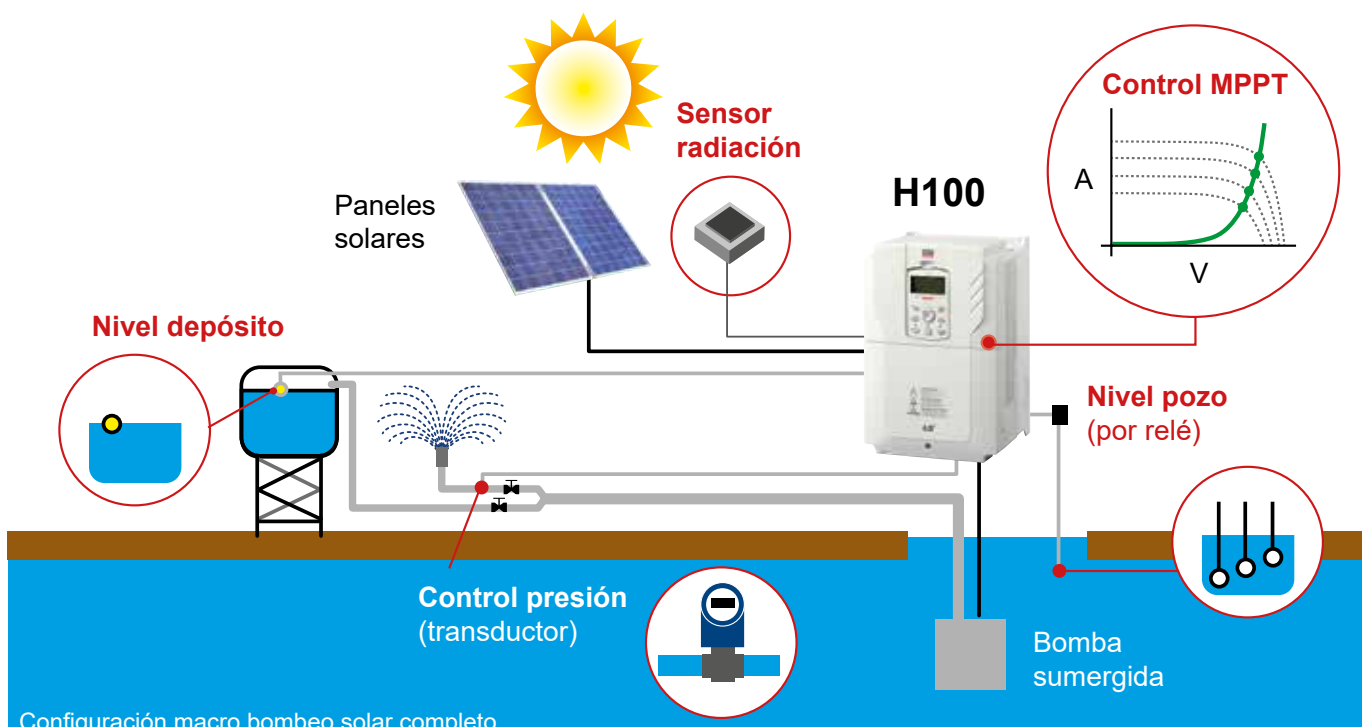


Características:

- Instalación solar aislada, conmutada o hibridada con un generador o red eléctrica
- De 0.4kW a 250kW
- Funciones integradas H100 / S100 bombeo solar:
 - Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT)
 - Control de niveles del pozo (con relé) y del depósito
 - Programación horaria (solo H100)
 - Motores de imanes permanentes (solo S100)
 - Control marcha/paro generador (H100 integrado, S100 por sensor Spektron)
 - Monitorización y data logger (con HMI opcional) vía RS485 Modbus o Ethernet
 - Display y teclado para configuración in situ
 - Protección y registro de incidencias
 - Fácil instalación y ajuste de parámetros
 - Posibilidad de configuración de 2 macros:
 - Simple (MPPT y niveles)
 - Completo (MPPT, control de presión, niveles y sensor de radiación)

H100/S100 CON CONTROL MPPT BOMBEO SOLAR

Función MPPT para buscar el punto de máxima potencia en la relación tensión-corriente de los paneles. Con entradas para detectar sensores de radiación, niveles de depósito, nivel de pozo (con relé) y presión de riego (transductor)



Configuración macro bombeo solar completo



Variador + Controlador CBS PANEL con MPPT

iS7 / VD

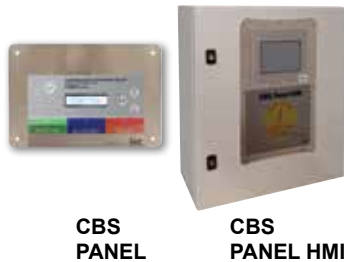
TRIFÁSICO 5.5~500kW 380~480V

con firmware SOLAR y controlador de bombeo CBS PANEL



iS7

VD



CBS
PANEL

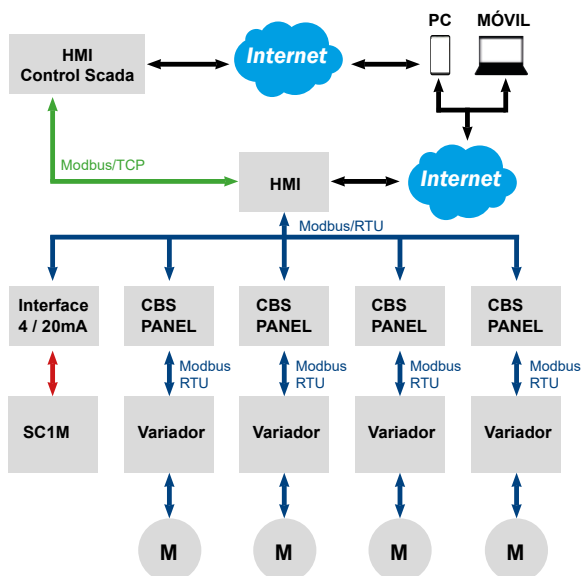
CBS
PANEL HMI

Características:

- Instalación solar aislada, conmutada o híbrida con un generador o red eléctrica
- De 5,5kW a 500kW
- Controlador de Bombeo Solar (CBS) Compact/Panel
 - Montaje frontal en armario (Panel) o exterior (Panel HMI)
 - Función MPPT (seguimiento del Punto de Máxima Potencia)
 - Fácil instalación y ajuste de parámetros
 - No es necesario el preajuste del variador
 - Protección y registro amplio de incidencias
 - Test de potencia del campo solar (hasta 22kW)
 - Minimización de arranques y paros (baja radiación)
 - Entradas/salidas digitales configurables
 - Reconocimiento de tensión AC/DC en la entrada del variador
 - Control de niveles de pozo y depósito
 - Control de hasta 2 presiones (según modelo)
 - Programación horaria paro/marcha
 - Display y teclado
 - Configuración in situ
 - Pantalla LCD y teclado de funciones
 - Multi-lenguaje (español, inglés, francés, italiano, portugués)
 - Comunicaciones
 - RS485/Modbus (2 puertos)
 - Monitorización y data logger (con HMI opcional) vía RS485 Modbus

Controlador de Bombeo Solar (CBS) Panel HMI

- Cuadro de control con hasta 4 controladores CBS Panel
- Funciones avanzadas para el control y la gestión del bombeo
- Gestión de hasta 4 variadores/bombas en un mismo campo solar
- Control de varios grupos electrógenos



Variadores de frecuencia LS

Las series de convertidores de frecuencia H100, S100 e iS7 de LS Electric son ideales para las aplicaciones de bombeo solar. Estos equipos ofrecen una alta gama de potencias para tensiones de 220 Vac y 400 Vac y una gran fiabilidad para entornos domésticos e industriales. Al incorporar una gran variedad de funciones y modos de control, son equipos muy versátiles y apropiados para la mayoría de instalaciones de bombeo con bombas centrífugas alimentadas en corriente alterna.

Modelo H100

Salida trifásica 200~230V **0,75~18,5 kW**
 Salida trifásica 380~480V **0,75~90 kW**



Tipo de instalaciones:

- Aisladas, conmutadas o híbridadas

Modelo S100

Salida trifásica 200~230V **0,4~15 kW**
 Salida trifásica 380~480V **0,4~75 kW**



Tipo de instalaciones:

- Aisladas y Conmutadas
- Híbridadas a un generador (con sensor de radiación) o a red

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0008H100-2CONN	0,75	5
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0015H100-2CONN	1,5	8
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0022H100-2CONN	2,2	12
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0037H100-2CONN	4	16
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0055H100-2CONN	5,5	22
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0075H100-2CONN	7,5	30
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0110H100-2CONN	11	42
180 x 290 x 205,3	4,6	LSLV0150H100-2CONN	15	56
220 x 350 x 223,2	7,1	LSLV0185H100-2CONN	18,5	69

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0008H100-4COFN	0,75	2,5
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0015H100-4COFN	1,5	4
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0022H100-4COFN	2,2	5,5
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0037H100-4COFN	4	9
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0055H100-4COFN	5,5	12
160 x 232 x 181	3,3	LSLV0075H100-4COFN	7,5	16
160 x 232 x 181	3,4	LSLV0110H100-4COFN	11	24
180 x 290 x 205,3	4,6	LSLV0150H100-4COFN	15	30
180 x 290 x 205,3	4,8	LSLV0185H100-4COFN	18,5	39
220 x 350 x 223,2	7,5	LSLV0220H100-4COFN	22	45
220 x 350 x 223,2	7,5	LSLV0300H100-4COFN	30	61
275 x 450 x 284	26	LSLV0370H100-4COFD	37	75
325 x 510 x 284	35	LSLV0450H100-4COFD	45	91
325 x 510 x 284	35	LSLV0550H100-4COFD	55	107
325 x 550 x 309	43	LSLV0750H100-4COND	75	142
325 x 550 x 309	43	LSLV0900H100-4COND	90	169

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
68 x 128 x 130	1,14	LSLV0004S100-1EOFNS	0,4	2,5
100 x 180 x 140	1,76	LSLV0008S100-1EOFNS	0,75	5
100 x 180 x 140	1,76	LSLV0015S100-1EOFNS	1,5	8
140 x 180 x 140	2,22	LSLV0022S100-1EOFNS	2,2	11

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
68 x 128 x 123	0,90	LSLV0004S100-2EONNS	0,4	2,5
68 x 128 x 128	0,90	LSLV0008S100-2EONNS	0,75	5
100 x 128 x 130	1,30	LSLV0015S100-2EONNS	1,5	8
100 x 128 x 145	1,50	LSLV0022S100-2EONNS	2,2	11
140 x 128 x 145	2,00	LSLV0040S100-2EONNS	4	17
160 x 232 x 140	3,30	LSLV0055S100-2EONNS	5,5	24
160 x 232 x 140	3,30	LSLV0075S100-2EONNS	7,5	32
180 x 290 x 163	4,60	LSLV0110S100-2EONNS	11	46
220 x 350 x 187	7,10	LSLV0150S100-2EONNS	15	60

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
68 x 180 x 130	1,18	LSLV0004S100-4EOFNS	0,4	1,3
68 x 180 x 130	1,18	LSLV0008S100-4EOFNS	0,75	2,5
100 x 180 x 140	1,77	LSLV0015S100-4EOFNS	1,5	4
100 x 180 x 140	1,80	LSLV0022S100-4EOFNS	2,2	5,5
140 x 180 x 140	2,23	LSLV0040S100-4EOFNS	4	9
160 x 232 x 140	3,30	LSLV0055S100-4EOFNS	5,5	12
160 x 232 x 140	3,40	LSLV0075S100-4EOFNS	7,5	16
180 x 290 x 163	4,60	LSLV0110S100-4EOFNS	11	24
180 x 290 x 163	4,80	LSLV0150S100-4EOFNS	15	30
220 x 350 x 187	7,50	LSLV0185S100-4EOFNS	18,5	39
220 x 350 x 187	7,50	LSLV0220S100-4EOFNS	22	45
275 x 450 x 284	26	LSLV0300S100-4COFDS	30	61
325 x 510 x 284	35	LSLV0370S100-4COFDS	37	75
325 x 510 x 284	35	LSLV0450S100-4COFDS	45	91
325 x 550 x 309	43	LSLV0550S100-4CONDS	55	110
325 x 550 x 309	43	LSLV0750S100-4CONDS	75	152

Nota: Datos de kW y A válidos para bombas horizontales o de superficie. Para bombas sumergidas se recomienda escoger una talla más de variador.

TENSIONES MÁXIMAS RECOMENDADAS

Recomendación de tensiones para el conjunto de paneles solares. Si se sobrepasan los valores recomendados, los equipos pueden sufrir averías.

Tensión	220Vca	400Vca	
Modelos	S100	iS7	S100 / H100
Voc Máx.	400 Vdc	780 Vdc	790 Vdc
Vol. Mín.	260 Vdc	480 Vdc	460 Vdc
Vmpp	310 Vdc	560 Vdc	560 Vdc

Modelo S100 IP66

Salida trifásica 200~230V 0,75~11 kW
Salida trifásica 380~480V 0,4~22 kW



Tipo de instalaciones:

- Aisladas y Conmutadas
- Híbridadas a un generador (con sensor de radiación) o a red

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
180 x 256,6 x 174,2	3,60	LSLV0008S100-2EXNNS	0,75	5
220 x 256,6 x 201	5,20	LSLV0015S100-2EXNNS	1,5	8
220 x 258,8 x 201	5,20	LSLV0022S100-2EXNNS	2,2	11
220 x 258,8 x 201	5,60	LSLV0040S100-2EXNNS	4	17
250 x 328 x 227,20	8,80	LSLV0055S100-2EXNNS	5,5	24
250 x 328 x 227,20	8,80	LSLV0075S100-2EXNNS	7,5	32
260 x 399,6 x 245,4	9,40	LSLV0110S100-2EXNNS	11	46

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
180 x 256,6 x 174,2	3,70	LSLV0004S100-4EXFNS	0,4	1,3
180 x 256,6 x 174,2	3,70	LSLV0008S100-4EXFNS	0,75	2,5
220 x 258,8 x 201	5,30	LSLV0015S100-4EXFNS	1,5	4
220 x 258,8 x 201	5,50	LSLV0022S100-4EXFNS	2,2	5,5
220 x 258,8 x 201	5,60	LSLV0040S100-4EXFNS	4	9
250 x 328 x 227,2	8,80	LSLV0055S100-4EXFNS	5,5	12
250 x 328 x 227,2	8,90	LSLV0075S100-4EXFNS	7,5	16
260 x 399,6 x 245,4	9,60	LSLV0110S100-4EXFNS	11	24
260 x 399,6 x 245,4	9,80	LSLV0150S100-4EXFNS	15	30
300 x 460 x 250	12,4	LSLV0185S100-4EXFNS	18,5	39
300 x 460 x 250	12,4	LSLV0220S100-4EXFNS	22	45

Modelo IS7

Salida trifásica 200~230V 0,75~75 kW
Salida trifásica 380~480V 0,75~375 kW



Tipo de instalaciones:

- Aisladas, Conmutadas e Híbridadas a un generador (con CBS)

PESO Y DIMENSIONES

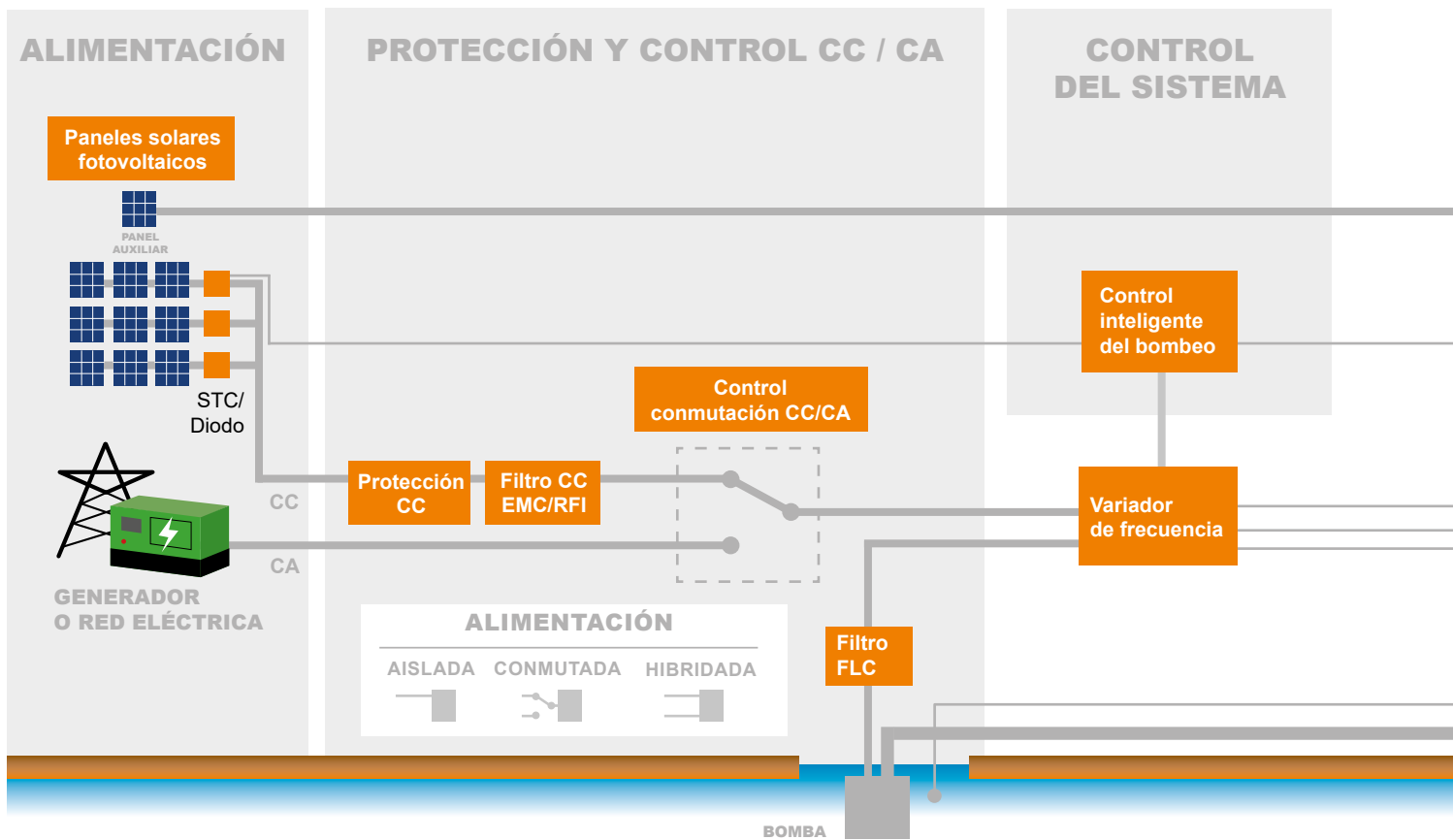
An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
150 x 284 x 200	5,5	SV0008IS7-2NOFD	0,75	5
150 x 284 x 200	5,5	SV0015IS7-2NOFD	1,5	8
150 x 284 x 200	5,5	SV0022IS7-2NOFD	2,2	12
150 x 284 x 200	5,5	SV0037IS7-2NOFD	3,7	16
200 x 355 x 225	10	SV0055IS7-2NOFD	5,5	24
200 x 355 x 225	10	SV0075IS7-2NOFD	7,5	32
250 x 385 x 284	20	SV0110IS7-2NOFD	11	46
250 x 385 x 284	20	SV0150IS7-2NOFD	15	60
280 x 461 x 298	27,4	SV0185IS7-2NOFD	18,5	74
280 x 461 x 298	27,4	SV0220IS7-2NOFD	22	88
300 x 570 x 265,2	29,5	SV0300IS7-2SO	30	116
370 x 630 x 281,2	44	SV0370IS7-2SO	37	146
370 x 630 x 281,2	44	SV0450IS7-2SO	45	180
465 x 750 x 355,6	72,5	SV0550IS7-2SO	55	220
465 x 750 x 355,6	72,5	SV0750IS7-2SO	75	288

PESO Y DIMENSIONES

An x Al x P [mm]	[Kg.]	Modelo	kW	A
150 x 284 x 200	5,5	SV0008IS7-4NOFD	0,75	2,5
150 x 284 x 200	5,5	SV0015IS7-4NOFD	1,5	4
150 x 284 x 200	5,5	SV0022IS7-4NOFD	2,2	6
150 x 284 x 200	5,5	SV0037IS7-4NOFD	3,7	8
200 x 355 x 225	10	SV0055IS7-4NOFD	5,5	12
200 x 355 x 225	10	SV0075IS7-4NOFD	7,5	16
250 x 385 x 284	20	SV0110IS7-4NOFD	11	24
250 x 385 x 284	20	SV0150IS7-4NOFD	15	30
280 x 461 x 298	27,4	SV0185IS7-4NOFD	18,5	39
280 x 461 x 298	27,4	SV0220IS7-4NOFD	22	45
300 x 594 x 300	41	SV0300IS7-4NOD	30	61
300 x 594 x 300	41	SV0370IS7-4NOD	37	75
300 x 594 x 300	41	SV0450IS7-4NOD	45	91
370 x 663 x 371	63	SV0550IS7-4NOD	55	110
370 x 663 x 371	63	SV0750IS7-4NOD	75	152
510 x 784 x 423	101	SV0900IS7-4SOD	90	183
510 x 784 x 423	101	SV1100IS7-4SOD	110	223
510 x 861 x 423	114	SV1320IS7-4SOD	132	264
510 x 861 x 423	114	SV1600IS7-4SOD	160	325
690 x 1.078 x 449,4	200	SV1850IS7-4SOD	185	370
690 x 1.078 x 449,4	200	SV2200IS7-4SOD	220	432
772 x 1.140 x 442	252	SV2800IS7-4SO	280	547
922 x 1.302,5 x 495	352	SV3150IS7-4SO	315	613
922 x 1.302,5 x 495	352	SV3750IS7-4SO	375	731

Nota: Datos de kW y A válidos para bombas horizontales o de superficie. Para bombas sumergidas se recomienda escoger una talla más de variador.

Conjunto de la instalación

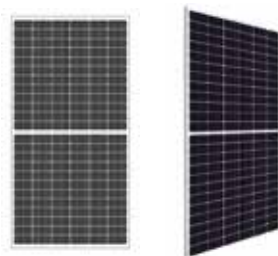


CAMPO SOLAR

PROTECCIÓN Y CONTROL CC / CA

Paneles solares fotovoltaicos

- Monocristalinos PERC Half Cell
- 450W ~ 540W



- Contactores
- Interruptores automáticos y seccionadores

Accesorios de alimentación

Filtros e inductancias



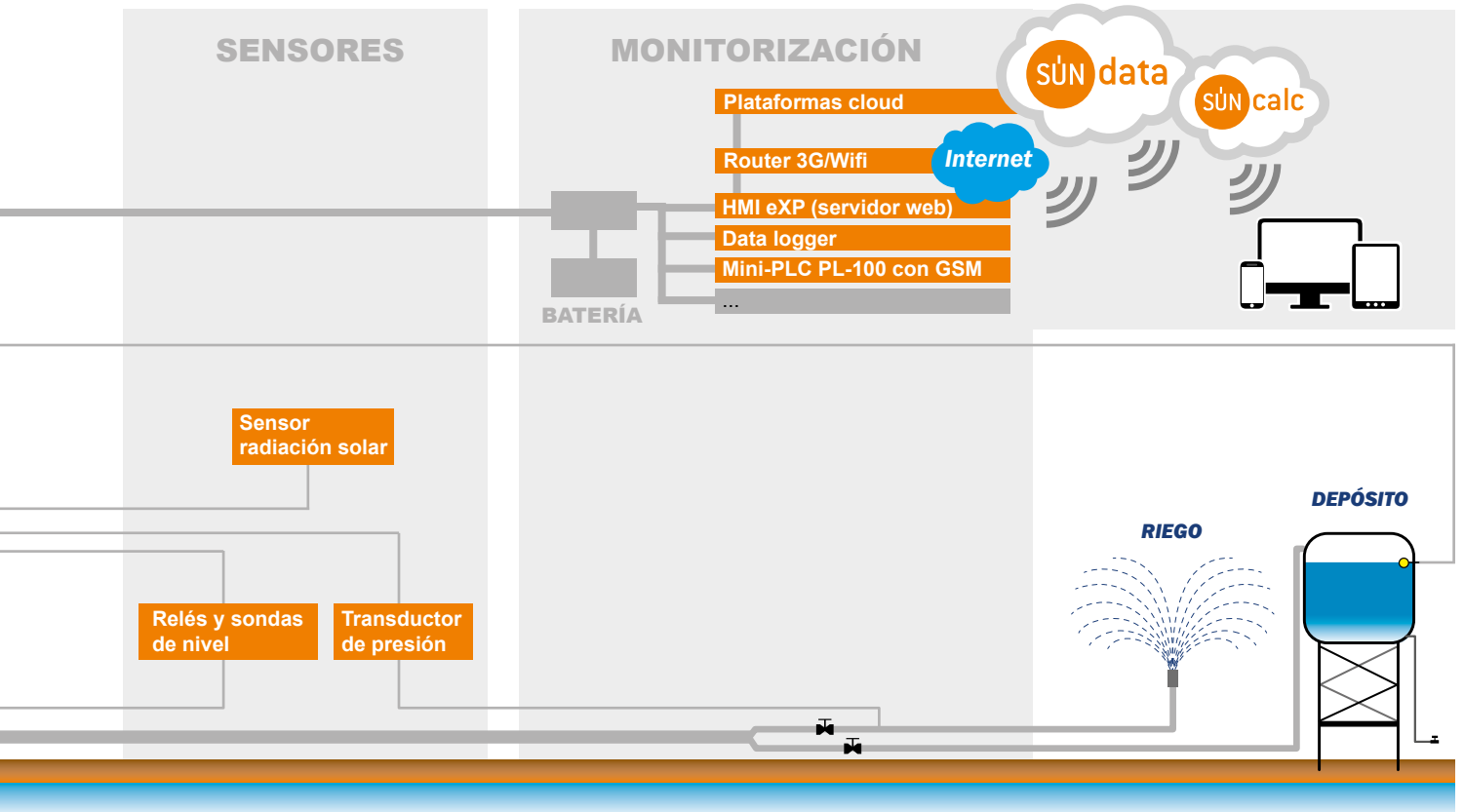
- **STC Controlador de tensión de strings**
1 string, 1000V 12A
- **Conector MC4PV**
con diodo de polarización 20A
- **Fuente de alimentación**
150-950VDC 15W 600mA



- **Serie FCC**
Filtro EMC de entrada
Corriente continua



- **Serie FLC**
Filtro de salida



SENSORES

MONITORIZACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA



• Sensor de radiación solar

De 0 a 1500W/m²



• Transductor de presión

- 0-10 bar
- 0-16 bar



• Relés y sondas de nivel



• Plataformas cloud

Cálculo, monitorización y control de instalaciones de bombeo solar con variadores

Más info: <https://www.vmc.es/es/suncalc>
<https://www.vmc.es/es/sundata>



• PLC XBM-DN32H

- Automata modular
- Ethernet integrado
- Máx.256 E/S
- 83ns/pasos
- Opciones comunicación



• Controlador CBS

- Modelos Panel y Panel HMI
- Función MPPT
- Control de niveles de pozo y depósito
- Programación horaria
- Monitorización



• HMI eXP20 (4.3")

- Tamaño compacto
- Alta resolución
- Función RTC
- Función servidor web/ VNC
- Datalogging y envío de alarmas por e-mail



• Mini-PLC PL-100 con módulo GSM

- 24VDC, hasta 8 E/S
- envío de mensajes SMS



• Router industrial GPRS/3G/3G Wi-fi

- 1 puerto Ethernet
- 1 puerto RS232 (4 hilos)
- Rango temperatura -35°C a 75°C

CBS Panel Controlador de bombeo solar

El controlador de bombeo solar CBS es el dispositivo que ejerce el completo control del sistema de bombeo solar. Realiza el seguimiento del punto de máxima potencia y ajusta dinámicamente el convertidor de frecuencia para conseguir el máximo aprovechamiento de la energía solar disponible en cada momento. El controlador CBS está disponible en los modelos PANEL (montaje en puerta de armario) o PANEL HMI (cuadro de control de 1 a 4 bombas/variadores)

CBS Panel



- Montaje en puerta de armario o en el interior del cuadro

Datos técnicos

CBS PANEL

Rangos entrada/salida	Clase 200V	Clase 400V
Tensión de alimentación del equipo	24Vdc	24Vdc
Potencia.....	2W	2W
Voltaje entrada AC.....	200 ~ 230Vac +10% -15%	380 ~ 460Vac +10% -15%
Frecuencia entrada AC.....	50/60 Hz ± 5%	50/60 Hz ± 5%
Voltaje señales de entrada DC	400Vdc	800Vdc

Rangos de salidaSondas hidronivel (20Vac)
Entrada boya (20Vdc)

Control

Método control de potencia..PID con seguidor punto de máxima potencia

Método control de presión ...PID

Método arranque/paro.....Por potencia / por reloj / por sensor solar

Ratio V/F bombaCuadrático

Protecciones bombaSobrecarga, subcarga, fallo a tierra, fase de salida abierta

Entorno

Grado protección.....IP20

Temperatura ambiente-10°C ~ +50°C

Temperatura almacenaje.....-20°C ~ +65°C

HumedadMenos de 90% HR (sin condensación)

UbicaciónProtegido de la luz del sol, el polvo y ambientes corrosivos

CBS PANEL HMI

Rangos entrada/salida	Clase 200V	Clase 400V
Tensión de alimentación del equipo	200V-230V 50/60Hz	200V-230V 50/60HZ
Potencia.....	60W	60W
Voltaje entrada AC.....	200 ~ 230Vac +10% -15%	380 ~ 460Vac +10% -15%
Frecuencia entrada AC.....	50/60 Hz ± 5%	50/60 Hz ± 5%
Voltaje entrada paneles DC...	200-780Vdc	200-780Vdc

ProtecciónIP20

CBS Panel HMI



- Cuadro control 1,2,3 o 4 bombas/variadores

Modelos CBS

Código	Modelo	Descripción
D2CBSPANEL	CBS Panel	Controlador de bombeo solar CBS Panel
D2CBSPHMI2	CBS Panel HMI 2	CBS Panel HMI Control de 2 bombas *

* Control de más bombas, consultar



ACCESORIO CBS

- Resistencia para control de la tensión del campo solar

ACCESORIOS

Código	Descripción
02PRODCBR3	Bornero CBR3 con control de carga solar estándar
02PRODCBR7	Bornero CBR7 con control de carga solar estándar

Accesorios

Control de tensión de strings

STC



Datos técnicos

Tensión de alimentación (200/400V) 200-780 Vcc
 Tensión de salida 0-780 Vcc
 Intensidad máxima 19 A
 Grado de protección IP65

PESO Y DIMENSIONES		Código / Modelo	Descripción
An x Al x P [mm]	[Kg.]		
160 x 120 x 70	0,6	D2STC1M219	Módulo STC-1 control 1 string (230V)
160 x 120 x 70	0,6	D2STC1M419	Módulo STC-1 control 1 string (400V)

Diodo de polarización



Código / Modelo	Descripción
02PRODDIODO20A	Diodo solar 20A IP67 MC4 (Hasta fin de existencias)
02PRODDIODO30A	Diodo solar 30A IP67 MC4

Sensor de irradiación solar

SPEKTRON



Datos técnicos

Rango de medición 0 ... 1500W/m²
 Tipo de sensor Celda monocristalina (33mm/40mm)
 Precisión de sensor ±5% de la media anual
 Salida eléctrica 4-20mA ó 0-10V ó 0-3,125V ó 0-150mV
 Calibración El simulador de sol Solar Constant 1200 con un sensor de referencia calibrado en ISE
 Construcción Encapsulado de la celda de medición en vidrio
 Tensión de alimentación **5-30 Vcc**: a la señal de salida 0-3,125V, 0-150mV, 4-20mA
 ó **12-30 Vcc**: a la señal de salida 0-10V, 0-3,125V, 0-150mV, 4-20mA
 Potencia absorbida Aprox. 30mW
 Carcasa Policarbonato, resistente a los rayos UV con conexión PG y válvula de aireación
 Protección IP65
 Tipo de conexión Bornes de conexión, 1,5mm²
 Montaje Soporte con orificio para la fijación con un tornillo
 Dimensiones 150 x80 x60 mm
 Peso 300g

Código / Modelo	Descripción
Spektron320	Sensor de irradiación solar Spektron320 0-1500W/m ²

Fuente de alimentación para aplicaciones solares

PV950



Datos técnicos

Tensión de alimentación 150Vdc-950Vdc
 Tensión de salida 24Vdc
 Potencia 15W
 Corriente 600mA
 Fusible 500mA máx
 Dimensiones 85 x 75 x 40mm
 Peso 216 gr.
 Normativa UNE/EN 60947-1, UNE/EN 60439-1, VDE-0660

Código / Modelo	Descripción
D2PV95015600	Fuente alimentación 950VDC 15W 600mA

Software de cálculo SUNcalc



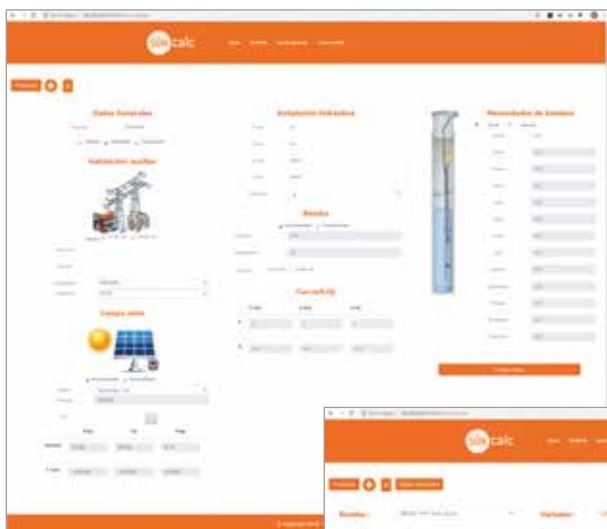
Software de cálculo para instalaciones de bombeo solar

Cálculo de instalaciones aisladas, conmutadas e híbridadas de bombeo solar con variadores de frecuencia.

Con los datos disponibles del campo solar, la instalación hidráulica, los datos de la bomba y las necesidades de bombeo, SUNcalc selecciona el variador más indicado y dibuja un gráfico de rendimiento óptimo de la instalación.

Más información:

www.vmc.es/es/suncalc





Plataforma cloud SUNdata



Monitorización y control de instalaciones de bombeo solar

Gestión de instalaciones aisladas, conmutadas e híbridas de bombeo solar con variadores de frecuencia.

- Monitorización de la instalación
- Control de la instalación (marcha/paro)
- Programación horaria según tarificación
- Control de costes
- Sistema de mantenimiento y alarma
- Visualización gráfica de los parámetros de la instalación y comparativas
- Ajustes de set up por control remoto



Más información:

www.vmc.es/es/sundata



Configuración del campo solar

Los paneles solares se conectan directamente al bus de continua del convertidor de frecuencia. Para alcanzar la potencia necesaria, los módulos solares se conectan entre sí estableciendo tramas serie / paralelo. El número de módulos solares conectados en serie determina la tensión (Vdc) del campo solar mientras que el número de estas series conectadas en paralelo determinan la corriente total.

La configuración idónea depende de la tensión nominal del variador de frecuencia (Vac) que determina la tensión nominal del bus de continua (Vdc) donde se conectará el campo solar y de la tensión de trabajo del módulo solar (Vmpp).

La tensión de los módulos solares varía substancialmente con la temperatura, incrementándose a menor temperatura y descendiendo a mayor temperatura.

En circuito abierto (es decir, cuando la bomba no trabaja) los módulos solares incrementan la tensión de forma notoria (Voc). Es por tanto importante conocer el rango de temperatura a la que estarán expuestos para conocer los rangos de tensión de trabajo (Vmpp) y especialmente la máxima tensión en circuito abierto (Voc).

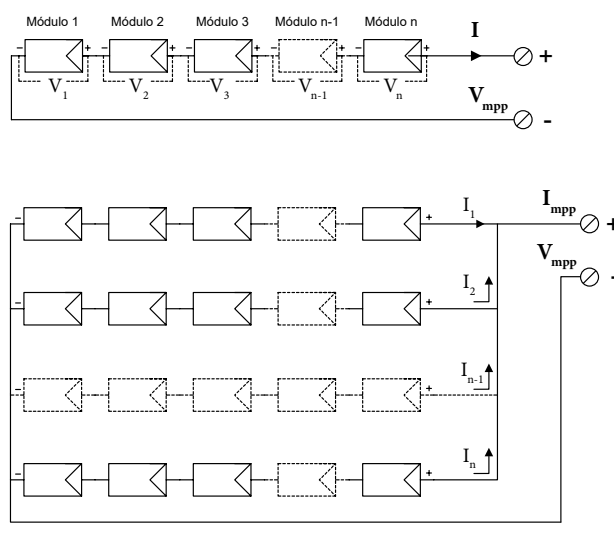
Requisitos del campo solar:

- **Potencia:** debe ser adecuada a la de la bomba
- **Nº de módulos en serie:**
 - Deberá adecuarse a la tensión nominal del bus CC del variador
 - No podrá exceder la máxima tensión del bus CC del variador
- **Nº de series en paralelo:** podrá exceder la máxima corriente de entrada del convertidor de frecuencia

Cálculo de valores

$$V_{mpp} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$I_{mpp} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$



EJEMPLOS: Configuración del campo solar con paneles solares estándar
(Bomba horizontal/vertical y sumergida)

VARIADOR VDSUN			MÓDULO DE 450 Wp			
Tensión	Modelo	Potencia kW	Potencia kWp	Módulos en serie (string)	Nº Strings	
3 x 220 Vac	VDSUN-0008-2	0,75	2,25	5 *	1	
	VDSUN-0015-2	1,5	2,7	6 *	1	
	VDSUN-0022-2	2,2	3,15	7 *	1	
VARIADOR H100			MÓDULO DE 450 Wp			
Tensión	Tipo bomba		Potencia kW	Potencia kWp	Módulos en serie (string)	Nº Strings
3 x 220 Vac	Horizontal y vertical	Sumergida				
	LSLV0008H100-2	LSLV0015H100-2	0,8	3,6	7+1	1
	LSLV0015H100-2	LSLV0022H100-2	1,5	3,6	7+1	1
	LSLV0022H100-2	LSLV0037H100-2	2,2	7,2	7+1	2
	LSLV0037H100-2	LSLV0055H100-2	4	12,15	7+1	3
	LSLV0055H100-2	LSLV0075H100-2	5,5	12,15	7+1	3
3 x 400 Vac	LSLV0075H100-2	LSLV0022H100-4	7,5	16,2	7+1	5
	LSLV0008H100-4	LSLV0015H100-4	0,75	6,3	14	1
	LSLV0015H100-4	LSLV0022H100-4	1,5	6,3	14	1
	LSLV0022H100-4	LSLV0037H100-4	2,2	6,3	14	1
	LSLV0037H100-4	LSLV0055H100-4	3	6,3	14	1
	LSLV0037H100-4	LSLV0055H100-4	4	12,6	14	2
	LSLV0055H100-4	LSLV0075H100-4	5,5	12,6	14	2
	LSLV0075H100-4	LSLV0110H100-4	7,5	12,6	14	2
	LSLV0110H100-4	LSLV0150H100-4	11	18,9	14	3
	LSLV0150H100-4	LSLV0185H100-4	15	25,2	14	4
	LSLV0185H100-4	LSLV0220H100-4	18,5	31,5	14	5
	LSLV0220H100-4	LSLV0300H100-4	22	37,8	14	6
	LSLV0300H100-4	LSLV0370H100-4	30	50,4	14	8
	LSLV0370H100-4	LSLV0450H100-4	37	56,7	14	9
	LSLV0450H100-4	LSLV0550H100-4	45	69,3	14	11
LSLV0550H100-4	LSLV0750H100-4	55	81,9	14	13	
LSLV0750H100-4	LSLV0900H100-4	75	113,4	14	18	
LSLV0900H100-4	LSLV1100H100-4	90	132,3	14	21	
LSLV1100H100-4	LSLV1320H100-4	110	163,8	14	26	
LSLV1320H100-4	LSLV1600H100-4	132	182,7	14	29	

* Número mínimo de módulos para VDSUN. Es posible utilizar hasta un máximo de 8 paneles para aumentar el tiempo de funcionamiento.

En este ejemplo se han utilizado los siguientes valores estándar de módulos para realizar los cálculos:

Wp	Vmpp	Voc	Impp	Temp. Coef. Voc
450	41,1	49,6	10,98	0,29%

Consulte con el fabricante las características de su módulo.

¿Porqué utilizar variadores en el bombeo solar?

El convertidor de frecuencia es un equipo destinado al control de la velocidad de rotación de un motor de inducción asíncrono de corriente alterna (CA) mediante la variación de la frecuencia de alimentación suministrada al motor, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{rpm} = 60 \times \frac{f}{p}$$

f Frecuencia (Hz)
p Pares de polos

Para el control del bombeo, el convertidor de frecuencia actúa sobre el motor de CA de la bomba modificando la frecuencia y, por tanto, la velocidad de giro (rpm), con lo que se consigue variar proporcionalmente el caudal de agua bombeado.

Ventajas del convertidor de frecuencia

Los convertidores de frecuencia son ampliamente usados en instalaciones de bombeo, ya que al modificar la velocidad de giro de las bombas permiten reducir el caudal y, por lo tanto, la potencia absorbida por la bomba. De esta forma, se obtiene el caudal más adecuado para los requerimientos de eficiencia y las necesidades del usuario.

Regular el caudal mediante un convertidor es más eficiente que la regulación por el estrangulamiento de la válvula. Estos equipos incorporan además rampas que suavizan el arranque y paro de la bomba protegiendo el desgaste de los elementos mecánicos, ya que los esfuerzos sobre los rodamientos se reducen de forma proporcional al cuadrado de la velocidad.

El uso de convertidores de frecuencia produce:

- Ahorro en el consumo de energía
- Mejora de la vida útil del conjunto motor/bomba

En muchos casos las instalaciones de bombeo están alejadas de las líneas eléctricas, lo que obliga al uso de generadores de gasoil que provocan elevados costes por abastecimiento y consumo de combustible, además de necesitar un mantenimiento periódico y ocasionar problemas de emisiones y ruidos.

El mayor coste por volumen bombeado (es decir, euros por litro remontado) es a causa de la energía, ya sea la electricidad y/o el combustible. También tienen un fuerte impacto en el coste total la vida útil de los componentes de la instalación: conjunto bomba/motor, el generador de gasoil o los elementos de control.

La energía solar fotovoltaica es de origen renovable y, por lo tanto, virtualmente inagotable, ya que se obtiene a partir de la radiación solar. A diferencia de la eléctrica o el combustible, la energía solar fotovoltaica está experimentando una continua bajada de costes, que contrasta con los continuos incrementos de precios de la conexión a la red.

¿Cómo funciona?

La tecnología solar fotovoltaica y los convertidores de frecuencia pueden relacionarse de una forma altamente eficiente para resolver la ausencia de energía eléctrica, reduciendo el consumo de energía para el mismo volumen de agua remontado y mejorando la vida útil de toda la instalación.



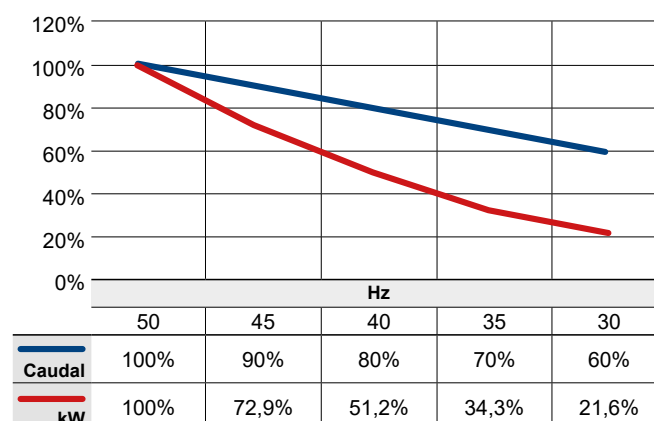
Los módulos solares captan la energía irradiada por el sol y la convierten en energía eléctrica que se aplica a la entrada del convertidor de frecuencia.

El variador convierte la corriente continua procedente de los módulos solares a corriente alterna suministrada al motor de la bomba, y adecua el caudal mediante la regulación de velocidad a la cantidad de radiación solar que incide en cada momento, consiguiendo el máximo aprovechamiento de la radiación disponible.

En estaciones de bombeo en funcionamiento, se pueden conseguir ahorros importantes de energía mediante la instalación de un convertidor de frecuencia y substituir la fuente de energía eléctrica por energía solar fotovoltaica sin necesidad de modificar la instalación hidráulica ni el conjunto motor/bomba. En el caso de nuevas instalaciones, la elección adecuada de los componentes y del punto de trabajo puede mejorar aún más la eficiencia total del sistema.

Bomba centrífuga

Caudal y potencia hidráulica a variación de frecuencia



LS ELECTRIC

Nuevo Nombre de **LSIS** LG Industrial Systems

PETER
electronic

ELFIN

GIC

SMART INDUSTRY & ENERGY SOLUTIONS

- Protección y distribución eléctrica
- Control industrial
- Automatización industrial
- Energías renovables
- SCADA y plataformas cloud

vector

VECTOR MOTOR CONTROL IBÉRICA (VMC)

OFICINAS CENTRALES

C/ Montcada, 7 - Pol. Ind. Les Pereres
08130 Santa Perpètua de Mogoda - BARCELONA
Tel. (+34) 935 748 206 - e-mail: info@vmc.es
www.vmc.es



www.vmc.es

DELEGACIONES

Andalucía:	andalucia@vmc.es	Tel. 626 178 615 (Oriental) Tel. 664 606 903 (Occidental)
Levante:	levante@vmc.es	Tel. 636 019 916
Madrid:	madrid@vmc.es	Tel. 680 546 945 (Norte) Tel. 637 799 789 (Sur)
País Vasco, Navarra y La Rioja	norte@vmc.es	Tel. 664 610 996

Servicio Asistencia Técnica (SAT)

Tel. 937 618 313
Horario: 8h-14h y 15h-18h
de lunes a viernes



@VectorMotorCont



@VectorMotorControl



Vector Motor Control Ibérica



@vmc_vector.motor.control



FE Fuji Electric



Soluciones EasySun Pump

Catálogo de Bombeo Solar

Cuadros de Control para Bombeo Solar Directo

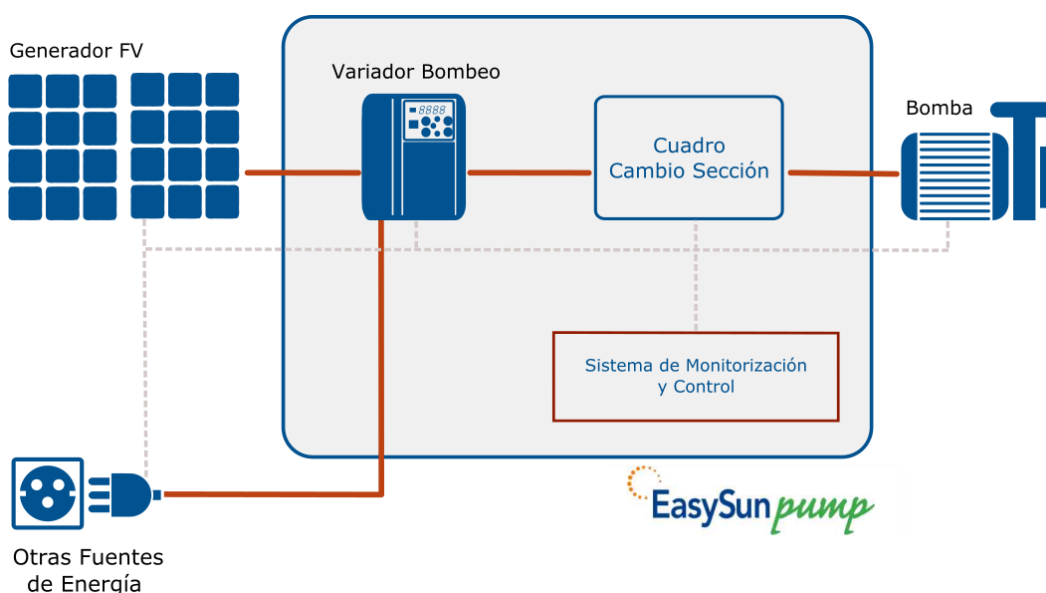
Gama de equipos para el Control de Bombeo Solar EasySun, Variadores, Montajes precableado en placa IP20, Montaje en caja IP54, características y Precios.

1. DESCRIPCIÓN	2
2. CLASIFICACIÓN DE BOMBEO SOLARES	3
2.1. SEGÚN EL SUMINISTRO DE AGUA, A Balsa O DIRECTOS	3
2.2. SEGÚN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA, AUTÓNOMOS O HÍBRIDOS	3
3. FUNCIONES PARA BOMBEO SOLAR	4
4. GAMA DE POTENCIAS	4
4.1. TENSIONES DE ENTRADA Y SALIDA	5
5. FILTROS	5
5.1. FILTROS EMC	5
5.2. FILTROS DV/DT	5
5.3. FILTROS SENOIDALES	5
6. TECLADOS	6
6.1. TECLADO DEL VARIADOR	6
6.2. TECLADO LCD	6
6.3. PANTALLA TECHNOSHOT T1070I	6
7. GAMA DE VARIADORES	7
8. EASYSUN IP20	8
9. CUADROS EASYSUN IP54	9
10. FORMATOS Y DIMENSIONES	10
11. REFERENCIAS EQUIPOS	11

1. DESCRIPCIÓN

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

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



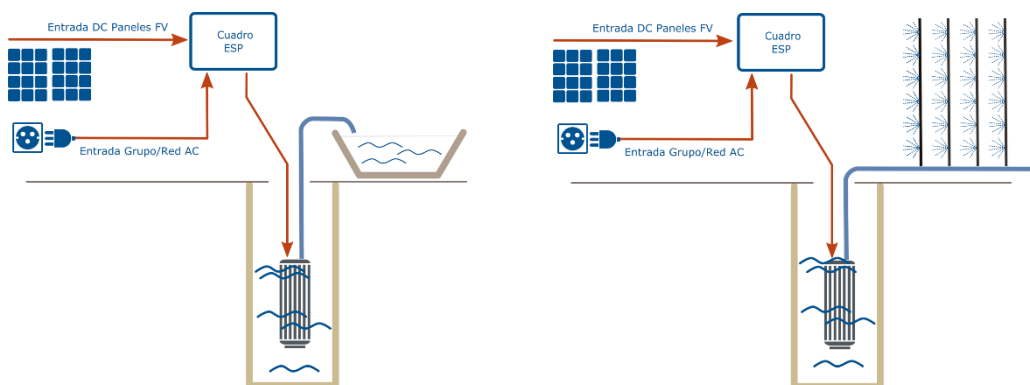
La **Central de bombeo ESP** se corresponde con la zona sombreada, incluyendo el variador, la maniobra, protecciones y control del sistema de bombeo.

Los algoritmos específicos de control de bombeo solar se han integrado en el variador FUJI Electric lo que simplifica la instalación. La programación cuenta con años de experiencia en cientos de sistemas actualmente en funcionamiento, lo que permite asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas más exigentes de bombeo solar como el paso de nube, el seguimiento del punto de máxima potencia y el control de presión.

2. CLASIFICACIÓN DE BOMBEO SOLARES

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

2.1. Según el suministro de agua, a Balsa o Directos



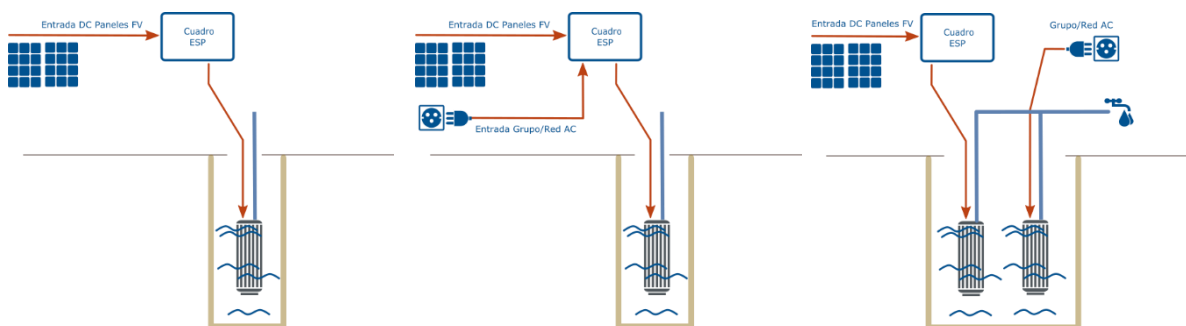
- **A balsa de acumulación:** la presión y el caudal pueden ser variables.
- **Al sistema de riego localizado:** Goteros o aspersores, se trabaja a presión constante.

2.2. Según el suministro de energía, Autónomos o Híbridos

Autónomo

Híbrido Eléctrico

Híbrido Hidráulico



- **Autónomo:** La alimentación procede de los módulos FV exclusivamente.
- **Híbrido Eléctrico:** La alimentación dispone del generador FV y de la Red o Grupo electrógeno.
- **Híbrido Hidráulico:** Se dispone de una bomba autónoma con generador FV y otras bombas adicionales alimentadas con Red o Grupo. Todas ellas se unen en la parte hidráulica proporcionando una salida única.

3. FUNCIONES PARA BOMBEO SOLAR

El programa de Control de Bombeo Solar está incluido en el variador contando con funciones específicas para bombeo solar, reduciendo el número de componentes necesarios.

Las principales funciones incorporadas son las siguientes:

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

Los sistemas incluyen de fábrica una parametrización de valores por defecto que permiten simplificar y reducir el tiempo necesario para su configuración en la Puesta en Marcha, no hay dos sistemas iguales.

4. GAMA DE POTENCIAS

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

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

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

4.1. Tensiones de Entrada y Salida

Todos los variadores generan tensión trifásica en la salida, no se dispone de variadores con salidas para motores de bombas monofásicas. “Variador monofásico” hace referencia a la entrada auxiliar AC del variador.

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

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

5. FILTROS

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

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

5.1. Filtros EMC

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

5.2. Filtros dV/dt

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

Selección: Cada variador requiere de un filtro específico dV/dt, consultar tabla de selección de filtros. Incluido filtro hasta 50m y filtros opcionales hasta 200m y mayores distancias.

5.3. Filtros Senoidales

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

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

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

6. TECLADOS

6.1. Teclado del Variador



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

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

6.2. Teclado LCD



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

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

6.3. Pantalla Technoshot T1070i

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



TS1070



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

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

Es una herramienta que facilita el control del funcionamiento del sistema y la parametrización de los diferentes valores que el usuario puede modificar para adaptarse a la instalación.

Teclados y Pantallas

Código	Descripción
7912170	Teclado Básico USB Ref.: TP-E1U
7912171	Teclado Multifunción LCD Ref.: TP-A1-E2C
7912190	Pantalla táctil TS1070i
7912195	Pantalla táctil V9 080iSD

Los terminales de operador hacen posible el control y la monitorización de la aplicación mediante la función de comunicaciones VPN integrada en los terminales V9. Es sistemas donde la seguridad de las comunicaciones es crítica, se dispone de la posibilidad de implementar un servidor VPN.

7. GAMA DE VARIADORES

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

Variadores



	Potencia (kW)	Tensión (V)	Potencia (CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Descripción	Código BAAN	Referencia FUJI Freenic ACE	Disp
230 Vac	1,5	230M	2	8	Monofásica	Variador 1,5/230M F	7912058	FRN0008E2E-7GA	Si
	2,2	230M	3	11	Monofásica	Variador 2,2/230M F	7912059	FRN0011E2E-7GA	Si
	3	230	4	12	Trifásica	Variador 3/230 F	7912048	FRN0012E2S-2GA	Si
	5,5	230	7	20	Trifásica	Variador 5,5/230 F	7912049	FRN0020E2S-2GA	Si
	7,5	230	10	30	Trifásica	Variador 7,5/230 F	7912050	FRN0030E2S-2GA	No
	11	230	15	40	Trifásica	Variador 11/230 F	7912051	FRN0040E2S-2GA	No
	15	230	20	56	Trifásica	Variador 15/230 F	7912052	FRN0056E2S-2GA	No
	18,5	230	25	69	Trifásica	Variador 18,5/230 F	7912053	FRN0069E2S-2GA	No
	22	230	30	88	Trifásica	Variador 22/230 F	7912054	FRN0088E2S-2GA	No
30	230	41	115	Trifásica	Variador 30/230 F	7912055	FRN0115E2S-2GA	No	
400 Vac	1,1	400	1	3	Trifásica	Variador 1,1/400 F	7912061	FRN0004E2E-4GA	Si
	2,2	400	3	5	Trifásica	Variador 2,2/400 F	7912062	FRN0006E2E-4GA	Si
	3	400	4	6	Trifásica	Variador 3/400 F	7912063	FRN0007E2E-4GA	SI
	5,5	400	7	11	Trifásica	Variador 5,5/400 F	7912064	FRN0012E2E-4GA	Si
	7,5	400	10	18	Trifásica	Variador 7,5/400 F	7912065	FRN0022E2S-4E	SI
	11	400	15	23	Trifásica	Variador 11/400 F	7912066	FRN0029E2S-4E	Si
	15	400	20	31	Trifásica	Variador 15/400 F	7912067	FRN0037E2S-4E	SI
	18,5	400	25	38	Trifásica	Variador 18,5/400 F	7912068	FRN0044E2S-4E	Si
	22	400	30	45	Trifásica	Variador 22/400 F	7912069	FRN0059E2E-4E	SI
	30	400	41	60,0	Trifásica	Variador 30/400 F	7912070	FRN0072E2E-4E	Si
	37	400	50	75	Trifásica	Variador 37/400 F	7912071	FRN0085E2E-4E	Si
	45	400	61	91	Trifásica	Variador 45/400 F	7912072	FRN0105E2E-4E	Si
	55	400	75	112	Trifásica	Variador 55/400 F	7912073	FRN0139E2E-4E	SI
	75	400	102	150	Trifásica	Variador 75/400 F	7912074	FRN0168E2E-4E	Si
	90	400	122	176	Trifásica	Variador 90/400 F	7912075	FRN0203E2E-4E	SI
	110	400	150	210	Trifásica	Variador 110/400 F	7912076	FRN0240E2E-4E	Si
	132	400	180	253	Trifásica	Variador 132/400 F	7912077	FRN0290E2E-4E	SI
160	400	218	304	Trifásica	Variador 160/400 F	7912078	FRN0361E2E-4E	Si	
200	400	272	377	Trifásica	Variador 200/400 F	7912079	FRN0415E2E-4E	SI	
220	400	299	415	Trifásica	Variador 220/400 F	7912080	FRN0520E2E-4E	Si	
280	400	381	520,0	Trifásica	Variador 280/400 F	7912081	FRN0590E2E-4E	SI	

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

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

8. EASYSUN IP20

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

- **Montaje IP20:** Equipo IP20 completamente cableado y montado sobre placa base.
- **Conexión series FV:** Bornas seccionables con fusible para las series de módulos FV.
- **Interruptor Marcha/Paro:** Interruptor para la puesta en marcha o parada del equipo.
- **Salida AC a la bomba:** Bornes para Salida de alimentación AC de la bomba.
- **Filtros:** Incluido filtro hasta 50m y filtros opcionales hasta 200m y mayores distancias.
- **Conexiones para Sensores Nivel y Presión:** Entradas cableadas para sensores de nivel y de presión.
- **Entrada Auxiliar AC:** Entrada AC de Red/Grupo sobre interruptor de protección y seccionador. Detección automática del modo de funcionamiento híbrido con FV, solo FV o solo Red/Grupo.

 Cuadros ESP IP20						Hasta 50 metros		Hasta 200 metros		
						Sin Filtro dV/dt		Con Filtro dV/dt		
Potencia (kW)	Tensión (V)	(CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Descripción	Código	Talla	Descripción	Código	
230 Vac	1,5	230M	2	8	Monofásica	ESP- 1,5/230M-IP20-F050	3503190	1	ESP- 1,5/230M-IP20-F200	3503192
	2,2	230M	3	11	Monofásica	ESP- 2,2/230M-IP20-F050	3503191	1	ESP- 2,2/230M-IP20-F200	3503193
	3	230	4	12	Trifásica	ESP- 3/230-IP20-F050	3503103	1	ESP- 3/230-IP20-F200	3503126
	5,5	230	7	20	Trifásica	ESP- 5,5/230-IP20-F050	3503104	1	ESP- 5,5/230-IP20-F200	3503127
400 Vac	1,1	400	1	3	Trifásica	ESP- 1,1/400-IP20-F050	3503112	1	ESP- 1,1/400-IP20-F200	3503135
	2,2	400	3	5	Trifásica	ESP- 2,2/400-IP20-F050	3503113	1	ESP- 2,2/400-IP20-F200	3503136
	3	400	4	6	Trifásica	ESP- 3/400-IP20-F050	3503114	1	ESP- 3/400-IP20-F200	3503137
	5,5	400	7	11	Trifásica	ESP- 5,5/400-IP20-F050	3503115	1	ESP- 5,5/400-IP20-F200	3503138
	7,5	400	10	18	Trifásica	ESP- 7,5/400-IP20-F050	3503116	2	ESP- 7,5/400-IP20-F200	3503139
	11	400	15	23	Trifásica	ESP- 11/400-IP20-F050	3503117	2	ESP- 11/400-IP20-F200	3503140
	15	400	20	31	Trifásica	ESP- 15/400-IP20-F050	3503118	3	ESP- 15/400-IP20-F200	3503141
	18,5	400	25	38	Trifásica	ESP- 18,5/400-IP20-F050	3503119	3	ESP- 18,5/400-IP20-F200	3503142
	22	400	30	45	Trifásica	ESP- 22/400-IP20-F050	3503120	3	ESP- 22/400-IP20-F200	3503143
	30	400	41	60	Trifásica	ESP- 30/400-IP20-F050	3503121	3	ESP- 30/400-IP20-F200	3503144

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

9. CUADROS EASYSUN IP54

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

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



Cuadros ESP IP54

	Potencia (kW)	Tensión (V)	(CV)	Corriente (A)	Tensión Entrada Aux AC	Hasta 50 metros		Hasta 200 metros		
						Sin Filtro dV/dt		Con Filtro dV/dt		
						Descripción	Código	Talla	Descripción	Código
230 Vac	1,5	230M	2	8	Monofásica	ESP- 1,5/230M-IP54-F050	3503194	1	ESP- 1,5/230M-IP54-F200	3503196
	2,2	230M	3	11	Monofásica	ESP- 2,2/230M-IP54-F050	3503195	1	ESP- 2,2/230M-IP54-F200	3503197
	3	230	4	12	Trifásica	ESP- 3/230-IP54-F050	3503148	1	ESP- 3/230-IP54-F200	3503171
	5,5	230	7	20	Trifásica	ESP- 5,5/230-IP54-F050	3503149	1	ESP- 5,5/230-IP54-F200	3503172
400 Vac	1,1	400	1	3	Trifásica	ESP- 1,1/400-IP54-F050	3503157	1	ESP- 1,1/400-IP54-F200	3503180
	2,2	400	3	5	Trifásica	ESP- 2,2/400-IP54-F050	3503158	1	ESP- 2,2/400-IP54-F200	3503181
	3	400	4	6	Trifásica	ESP- 3/400-IP54-F050	3503159	1	ESP- 3/400-IP54-F200	3503182
	5,5	400	7	11	Trifásica	ESP- 5,5/400-IP54-F050	3503160	1	ESP- 5,5/400-IP54-F200	3503183
	7,5	400	10	18	Trifásica	ESP- 7,5/400-IP54-F050	3503161	2	ESP- 7,5/400-IP54-F200	3503184
	11	400	15	23	Trifásica	ESP- 11/400-IP54-F050	3503162	2	ESP- 11/400-IP54-F200	3503185
	15	400	20	31	Trifásica	ESP- 15/400-IP54-F050	3503163	3	ESP- 15/400-IP54-F200	3503186
	18,5	400	25	38	Trifásica	ESP- 18,5/400-IP54-F050	3503164	3	ESP- 18,5/400-IP54-F200	3503187
	22	400	30	45	Trifásica	ESP- 22/400-IP54-F050	3503165	3	ESP- 22/400-IP54-F200	3503188
	30	400	41	60	Trifásica	ESP- 30/400-IP54-F050	3503166	3	ESP- 30/400-IP54-F200	3503189

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

10. FORMATOS Y DIMENSIONES

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

		Tallas de los Equipos ESP																					
		1,1	1,5	2,2	3	5,5	7,5	11	15	19	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280
230 V			T1	T1	T1	T1	T2	T2	T3	T3	T3												
400 V		T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T3	T3	T3	T3	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP	ESP

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

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

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

Talla 1 (1-5 kW)

	Ancho	Alto	Prof.		F050	F200	
Formato IP20	350	550	230 mm		6	9	kg
Formato IP54	400	570	250 mm		8	12	kg

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

Talla 2 (7-11 kW)

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

Talla 3 (15-30 kW)

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

Dimensiones exteriores y pesos aproximados.

Versiones hasta 50 metros sin filtro y hasta 200 metros con Filtro dV/dt

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

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



11. REFERENCIAS EQUIPOS

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

ESP-5,5/400-IP20-F050

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

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

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

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

E-Mail: atersa@elecnor.com
 WEB: www.atersa.com



DAISA



ENERGÍAS
RENOVABLES



Baterías fabricadas en Alemania desde 1899.

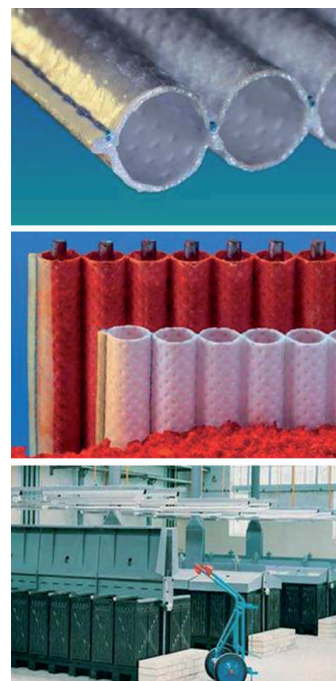
BAE es sinónimo de calidad y experiencia en el mercado mundial de las baterías industriales de plomo-ácido en aplicaciones de energías renovables.

CARACTERÍSTICAS

- Alta capacidad, larga durabilidad y estabilidad.
- Buena carga con baja intensidad.
- Baja auto-descarga.
- Alto rendimiento.
- Aleación de la placa de alta durabilidad.
- Placa tubular.

APLICACIONES

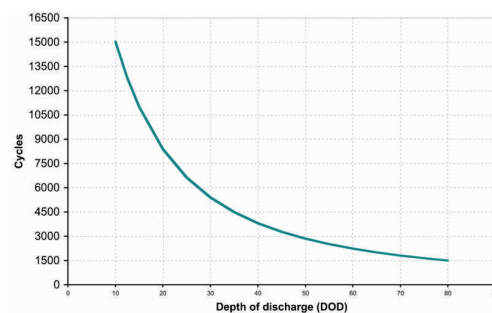
- Sistemas de energías renovables
- SAI's (Bancos, Hospitales, Centros de Datos, etc.).
- Instalaciones de generación de Energía.
- Telecomunicaciones.
- Dispositivos de información y señalización de tráfico.
- Estaciones de medición.



ELEMENTOS 2V SERIE PVSM



- Placa positiva Tubular.
- Aleación baja en Antimonio.
- Electrolito, Acido Sulfúrico densidad 1,24 Kg/l (20°C).
- Recipiente de alta resistencia a impactos, UL-94 grado HB.
- Protección IP25 de acuerdo con la Norma DIN EN 60529.
- Indicador interno de nivel Max.-Min.



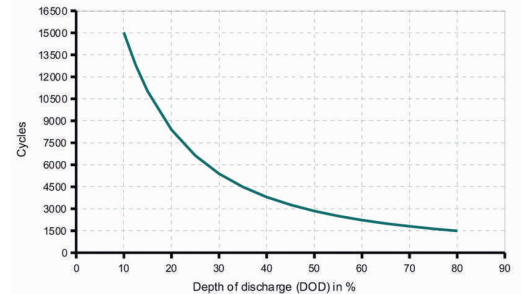
CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (mm)			Ah C100	Ah C120	Ah C240
		LARGO	ANCHO	ALTO			
404.02.PVSM220	Elem. 2 PVSM 220 LA SOLAR	47	198	486	224	226	235
404.03.PVSM330	Elem. 3 PVSM 330 LA SOLAR	65	198	486	335	339	350
404.04.PVSM440	Elem. 4 PVSM 440 LA SOLAR	83	198	486	447	452	467
404.05.PVSM550	Elem. 5 PVSM 550 LA SOLAR	101	198	486	552	558	578
404.06.PVSM660	Elem. 6 PVSM 660 LA SOLAR	119	198	486	676	684	710
404.07.PVSM770	Elem. 7 PVSM 770 LA SOLAR	137	198	486	786	795	826
404.08.PVSM880	Elem. 8 PVSM 880 LA SOLAR	155	198	486	894	905	938
404.09.PVSM990	Elem. 9 PVSM 990 LA SOLAR	173	198	486	1006	1017	1052
404.10.PVSM1100	Elem. 10 PVSM 1100 LA SOLAR	192	198	486	1118	1131	1172



ELEMENTOS 2V SERIE PVS



- Placa positiva Tubular.
- Aleación baja en Antimonio.
- Recipiente transparente de alta resistencia a impactos, UL-94 grado HB.
- Protección IP25 de acuerdo a la Norma DIN EN 40050.
- Terminales PanzerPol: Patente mundial de terminal con cojinete deslizante (16 mm) 100% hermético.
- Temperatura de operatividad: -20°C a 55°C.
- 3150 ciclos en test A+B según norma IEC 61427.

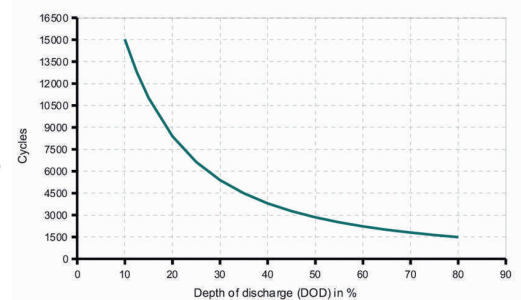


CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (mm)			Ah C100	Ah C120	Ah C240
		LARGO	ANCHO	ALTO			
NUEVA 402.02.0100SLQ	Elem.02 PVS 0140 SOLAR LQ	105	208	420	160	162	166
NUEVA 402.03.0150SLQ	Elem.03 PVS 0210 SOLAR LQ	105	208	420	231	234	240
402.04.0200SLQ	Elem.04 PVS 0280 SOLAR LQ	105	208	420	285	288	295
402.05.0250SLQ	Elem.05 PVS 0350 SOLAR LQ	126	208	420	367	370	381
402.05.0350SLQ	Elem.05 PVS 0550 SOLAR LQ	126	208	535	488	496	530
402.06.0300SLQ	Elem.06 PVS 0420 SOLAR LQ	147	208	420	454	458	472
402.06.0420SLQ	Elem.06 PVS 0660 SOLAR LQ	147	208	535	620	630	672
402.06.0600SLQ	Elem.06 PVS 0900 SOLAR LQ	147	208	710	933	945	976
402.07.0490SLQ	Elem.07 PVS 0770 SOLAR LQ	168	208	535	719	729	777
402.08.0800SLQ	Elem.08 PVS 1200 SOLAR LQ	215	193	710	1300	1320	1368
402.10.1000SLQ	Elem.10 PVS 1500 SOLAR LQ	215	235	710	1520	1536	1588
402.12.1200SLQ	Elem.12 PVS 1800 SOLAR LQ	215	277	710	1850	1872	1934
402.12.1500SLQ	Elem.12 PVS 2280 SOLAR LQ	215	277	855	2250	2292	2397
402.16.2000SLQ	Elem.16 PVS 3040 SOLAR LQ	215	400	815	2870	2904	3048
402.20.2500SLQ	Elem.20 PVS 3800 SOLAR LQ	215	490	815	3760	3816	4008
402.22.4180SLQ	Elem.22 PVS 4180 SOLAR LQ	215	580	815	4130	4200	4392
402.24.3000SLQ	Elem.24 PVS 4560 SOLAR LQ	215	580	815	4710	4788	5016
402.26.3000SLQ	Elem.26 PVS 4940 SOLAR LQ	215	580	815	4880	4956	5184

MONOBLOCK SERIE PVS



- Placa positiva Tubular.
- Aleación baja en Antimonio.
- Recipiente transparente y resistente a impactos, UL-94 grado HB.
- Protección IP25 de acuerdo a la Norma DIN EN 40050.
- Terminales PanzerPol: Patente mundial de terminal con cojinete deslizante (16 mm) 100% hermético.
- Temperatura de operatividad: -20°C a 55°C.
- 2700 ciclos en test A+B según norma IEC 61427.



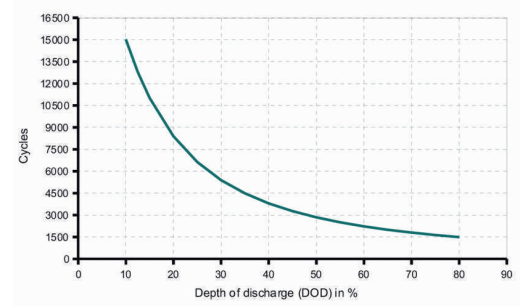
CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (mm)			Ah C100	Ah C120	Ah C240
		LARGO	ANCHO	ALTO			
406.06.4-200SLQ	Bat.06V 4 PVS 280 SOLAR LQ	272	205	385	291	298	307
406.06.5-250SLQ	Bat.06V 5 PVS 350 SOLAR LQ	380	205	385	364	373	384
406.06.6-300SLQ	Bat.06V 6 PVS 420 SOLAR LQ	380	205	385	437	448	460
406.12.1-050SLQ	Bat.12V 1 PVS 070 SOLAR LQ	272	205	385	72,8	74,7	76,5
406.12.2-100SLQ	Bat.12V 2 PVS 140 SOLAR LQ	272	205	385	139	142	146
406.12.3-150SLQ	Bat.12V 3 PVS 210 SOLAR LQ	380	205	385	219	224	229



ELEMENTO SERIE PVV GEL



- Placa positiva Tubular.
- Aleación baja en Antimonio.
- Recipiente de alta resistencia a impactos, UL-94 grado HB y disponible en grado V-0 (ignífugo).
- Protección IP25 de acuerdo a la Norma DIN EN 40050.
- Terminales PanzerPol: Patente mundial de terminal con cojinete deslizante (16 mm) 100% hermético.
- Temperatura de operatividad: -20°C a 45°C.
- >3000 ciclos (A+B) según norma IEC 61427.

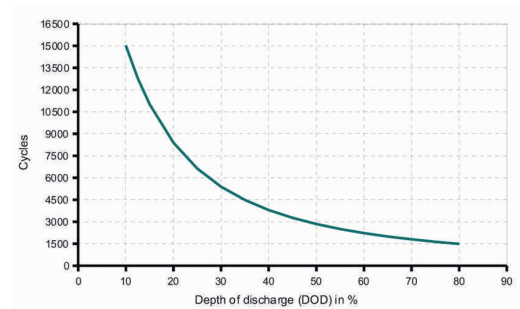


CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (mm)			Ah C100	Ah C120	Ah C240
		LARGO	ANCHO	ALTO			
435.04.0200VS	Elem.04 PVV 0280 SOLAR	105	208	420	330	336	350
435.05.0250VS	Elem.05 PVV 0350 SOLAR	126	208	420	394	400	417
435.05.0350VS	Elem.05 PVV 0550 SOLAR	126	208	535	588	594	612
435.06.0300VS	Elem.06 PVV 0420 SOLAR	147	208	420	494	504	525
435.06.0420VS	Elem.06 PVV 0660 SOLAR	147	208	535	705	712	734
435.06.0600VS	Elem.06 PVV 0900 SOLAR	147	208	710	932	942	981
435.07.0490VS	Elem.07 PVV 0770 SOLAR	168	208	535	786	794	816
435.08.0800VS	Elem.08 PVV 1200 SOLAR	215	193	710	1190	1212	1257
435.10.1000VS	Elem.10 PVV 1500 SOLAR	215	235	710	1540	1560	1620
435.12.1200VS	Elem.12 PVV 1800 SOLAR	215	277	710	1800	1824	1896
435.12.1500VS	Elem.12 PVV 2280 SOLAR	215	277	855	2210	2232	2296
435.16.2000VS	Elem.16 PVV 3040 SOLAR	215	400	815	3010	3048	3144
435.20.2500VS	Elem.20 PVV 3800 SOLAR	215	490	815	3790	3828	3936
435.24.3000VS	Elem.24 PVV 4560 SOLAR	215	580	815	4620	4668	4824
435.26.3250VS	Elem.26 PVV 4940 SOLAR	215	580	815	4770	4824	4968

MONOBLOCK SERIE PVV GEL



- Placa positiva Tubular.
- Aleación baja en Antimonio.
- Recipiente de alta resistencia a impactos, UL-94 grado HB y disponible en grado V-0 (ignífugo).
- Protección IP25 de acuerdo a la Norma DIN EN 40050.
- Terminales PanzerPol: Patente mundial de terminal con cojinete deslizante (16 mm) 100% hermético.
- Temperatura de operatividad: -20°C a 45°C.
- 2100 ciclos (A+B) según norma IEC 61427.



CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (mm)			Ah C100	Ah C120	Ah C240
		LARGO	ANCHO	ALTO			
440.06.4-200VS	Bat.06V 4 PVV 280 SOLAR	272	205	385	287	290	300
440.06.5-250VS	Bat.06V 5 PVV 350 SOLAR	380	205	385	359	363	374
440.06.6-300VS	Bat.06V 6 PVV 420 SOLAR	380	205	385	431	435	451
440.12.1-050VS	Bat.12V 1 PVV 070 SOLAR	272	205	385	71,8	72,7	75,1
440.12.2-100VS	Bat.12V 2 PVV 140 SOLAR	272	205	385	137	139	144
440.12.3-150VS	Bat.12V 3 PVV 210 SOLAR	380	205	385	206	210	216
NUEVA 440.02.12-0840VS	Bat.2V 12 PVV 840 SOLAR	272	205	385	862	872	900
NUEVA 440.02.15-1050VS	Bat.2V 15 PVV 1050 SOLAR	280	205	385	1070	1089	1123
NUEVA 440.02.18-1260VS	Bat.2V 18 PVV 1260 SOLAR	280	205	385	1290	1308	1348



Número uno en tecnología de ciclos.
Fabricadas en USA desde 1925.

La línea Premium RE de TROJAN con 10 años de vida útil, están diseñadas específicamente para soportar las condiciones más rigurosas dentro de las aplicaciones de las energías renovables.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Tecnología DuraGrid: Se trata de un diseño específico de rejilla para las aplicaciones de energía renovable, más gruesa para una mayor resistencia a la corrosión.
- MaxGuard XL Separador: Se trata de un separador un 30% más grueso que proporciona una mayor resistencia a la estratificación.
- Pasta Alpha Plus con Tecnología **T2**: Pasta de alta densidad que optimiza la porosidad en la materia activa. Incorpora un agente metálico presente en la tecnología Patentada **T2** que refuerza el proceso electroquímico de la pasta.



APLICACIONES

- Electrificación rural. • Instalaciones Fotovoltaicas aisladas o en red. • Iluminación urbana.
- Back-Up de Energía. • Instalaciones de Bombeo y Purificación de agua. • Telecomunicaciones



ELEMENTOS 2V DOBLE CONTENEDOR

TIPO	V	CAPACIDAD AH.			MEDIDAS MAX (mm)			PESO KGS
		5 H	20 H	100 H	L	A	H	
IND9-6V	2	355	445	3.27	390	260	610	100
IND13-6V	6	533	673	4.92	568	260	610	143
IND17-6V	6	711	897	6.54	678	260	610	188
IND23-4V	4	977	1233	6.00	568	260	610	168
IND29-4V	4	1245	1570	7.64	678	260	610	211

MONOBLOCKS

TIPO	V	CAPACIDAD AH.			MEDIDAS MAX (mm)			PESO KGS
		5 H	20 H	100 H	L	A	H	
L-16RE-2V	2	-	1110	1235	295	178	450	54
NUEVA T-105-RE	6	-	225	250	264	181	299	30
NUEVA L-16RE-A*	6	-	325	360	295	178	450	52
NUEVA L-16RE-B*	6	-	370	410	295	178	450	54



Número uno en tecnología de ciclos.
Fabricadas en USA desde 1925.

TIPO	V	MIN. CAP. RESERV.		CCA-18°C (SAE)	CAPACIDAD AH.			MEDIDAS MAX (mm)			PESO KGS
		25 A	75 A		5 H	20 H	100 H	L	A	H	
24 - GEL	12	147		330	66	77	85	276	171	236	24
27 - GEL	12	179		395	76	91	100	324	171	234	29
31 - GEL	12	200		445	85	102	112	329	171	245	31
5SHP-GEL	12	260		535	110	125	131	345	171	283	39
NUEVA 8D - GEL	12	500		-	188	225	265	534	279	233	71
6V - GEL	6	394		575	154	189	198	260	181	276	31
TE35-GEL	6	456		630	180	210	220	244	190	276	31
NUEVA U1 - AGM	12	42		240	29	33	34	207	132	173	12
NUEVA 22 - AGM	12	79		280	43	50	52	229	139	205	18
24 - AGM	12	137		500	67	76	84	274	173	220	24
27 - AGM	12	158		550	77	89	99	319	173	221	29
31 - AGM	12	177		600	82	100	111	341	173	233	31
OverDrive™	12	180		600	84	102	-	341	173	234	31
8D - AGM	12	460		1450	179	230	254	521	269	233	76
6V - AGM	6	385		1100	154	200	221	260	181	274	29

*Capacidad minutos de reserva con descarga de 56A

TIPO	V	MIN. CAP. RESERV.		CCA-18°C (SAE)	CAPACIDAD AH.			MEDIDAS MAX (mm)			PESO KGS
		25 A	75 A		5 H	20 H	100 H	L	A	H	
TE-35	6	500	135	200	245	272	244	191	276	31	
T-605	6	383	105	175	210	233	264	181	276	26	
T-105	6	447	115	185	225	250	264	181	276	28	
T-125	6	488	132	195	240	266	264	181	276	30	
T-145	6	530	145	215	260	286	264	181	292	33	
J-250P	6	540	135	215	250	276	295	178	292	33	
J-305E-AC	6	645	160	250	305	338	311	178	365	38	
J-305G-AC	6	678	175	258	315	350	311	178	365	41	
J-305P-AC	6	711	195	271	330	366	295	178	365	44	
J-305H-AC	6	781	215	295	360	400	295	178	365	45	
L-16E-AC	6	766	185	303	370	411	311	178	432	46	
L-16G-AC	6	789	200	320	390	433	311	178	432	49	
L-16P-AC	6	850	220	344	420	466	295	178	424	52	
L-16H-AC	6	935	245	357	435	483	295	178	424	57	
T-875	8	295	117*	145	170	189	264	181	276	29	
T-890	8	340	132*	155	190	211	264	181	276	31	
TIPO	V	MIN. CAP. RESERV.		CCA-18°C (SAE)	CAPACIDAD AH.			MEDIDAS MAX (mm)			PESO KGS
		25 A	75 A		5 H	20 H	100 H	L	A	H	
24-TMX	12	140	36	440	70	85	94	286	171	248	21
27-TMX	12	175	45	530	85	105	117	324	171	248	25
27-TMH	12	200	51	620	95	115	128	324	171	248	28
J-150	12	280	70	-	120	150	166	351	178	283	38
T-1275	12	280	102*	-	120	150	166	327	178	276	38
30-XHS	12	225	57	665	105	130	144	355	171	238	30
J-185E-AC	12	312	82	-	144	175	194	394	178	371	46
J-185G-AC	12	324	93	-	152	185	205	394	178	371	48
J-185P-AC	12	380	104	-	168	205	227	381	178	371	52
J-185H-AC	12	440	121	-	185	225	250	381	178	371	58



Baterías AGM de ciclo profundo. Herméticas. Sin mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Construcción Hermética: Totalmente sin mantenimiento. Mercancía no peligrosa, permitido en transporte aéreo y marítimo (IATA, DOT, ICAO, IMDG).
- Materia activa de alta densidad: Mayor capacidad y ciclos de vida útil.
- Placas gruesas: Heavy Duty: Construcción específica para ciclos profundos.
- Aleación rejilla: Pb-Ca-Sn, mayor resistencia a la corrosión y mejor recuperación en descargas profundas.
- Separador de fibra de vidrio altamente poroso: Mayor retención de electrolito, maximiza la capacidad.
- Recipiente ABS: Alta resistencia a golpes y vibraciones.
- Baja resistencia interna: Recarga más rápida que las baterías húmedas convencionales.
- Baja auto-descarga: Mayor vida en stock que las baterías húmedas convencionales.



APLICACIONES

- Energías Renovables.
- Maquinas de limpieza.
- Vehículos de recreo: caravanas, campers, etc.
- Sillas de ruedas.
- Carros de golf.
- Plataformas elevadoras.
- Náutica.
- Etc.

TIPO	CAPACIDAD AH			MIN CAPACIDAD		CCA -18°C (SAE)	MEDIDAS MAX. (MM)			PESO KG	TIPO TERMINAL
	5H	20H	100H	25A	75A		L	A	H		
DC200-6B	180	200	220	400	100	-	244	190	275	30,50	AP
DC220-6	180	220	242	425	112	-	306	174	226	32,70	M8
DC224-6A	179	224	246	441	113	-	260	180	251	29,80	M8
DC245-6	198	245	248	457	120	-	244	190	275	32,30	AP
DC250-6	204	250	275	531	135	-	262	181	272	34,50	M8
DC335-6	274	335	369	751	184	-	295	178	366	47,80	DT
DC400-6	340	415	440	885	229	-	295	178	424	56,00	DT
DC160-8A	131	160	178	315	112*	-	260	182	272	31,70	M8
DC180-8A	147,5	180	198	335	125*	-	260	182	272	36,60	M8
DC200-8	164	200	218	390	140*	-	260	182	299	40,00	M8
DC12-12	-	12	-	-	-	-	151	99	101	4,20	F1
DC17-12	-	17	-	20	-	120	181	77	167	6,20	M5
DC24-12	19,8	24	-	27	-	160	167	175	125	9,20	M5
DC35-12A	29	35	-	52	-	190	196	131	167	11,50	M6
DC35-12B	29	35	-	52	-	190	196	131	180	11,50	F25
DC38-12	31	38	42	52	-	265	198	166	174	13,30	M6
DC40-12	32,8	40	44	53	-	275	198	166	174	13,40	M6
DC55-12	45	55	61	96	21	400	229	138	212	17,60	M6
DC60-12	49,2	60	66	95	24	410	265	166	188	20,70	AP
DC60-12B	49,2	60	66	105	24	510	278	175	190	22,00	AP
DC65-12	53,3	65	72	100	28	430	351	167	176	23,60	M6
DC70-12	57,5	70	77	115	31	450	260	169	215	23,80	M6
DC85-12	70	85	94	148	34	510	260	169	215	25,10	M6
DC90-12	74	90	99	140	38	530	307	169	215	28,70	M6
DC105-12	86	105	116	175	43	550	307	169	215	30,20	M6
DC115-12A	91	115	127	200	45	600	328	172	220	32,70	M8
DC120-12A	98	120	132	223	52	750	407	174	240	38,20	M8
DC140-12	115	140	143	260	62	795	344	172	283	43,10	AP
DC145-12	122	145	160	279	86	820	341	173	287	44,30	M8
DC150-12	123	150	165	285	82	900	484	171	241	45,50	M8
DC150-12B	123	150	165	295	80	900	327	182	273	42,60	M8
DC180-12	147,5	180	198	350	85	-	530	209	218	56,80	M8
DC210-12	172	210	229	400	105	-	530	209	218	60,50	M8
DC215-12	172	215	234	420	110	-	381	178	371	60,00	DT
DC220-12	172	220	240	415	110	-	522	242	222	66,50	M8
DC240-12	197	240	262	520	135	-	520	269	208	75,20	M8
DC260-12	213	260	285	540	155	-	521	269	224	78,20	M8



VARTA PROFESSIONAL DEEP CYCLE

Como líder mundial en el mercado de baterías de plomo-ácido, VARTA ofrece su competencia técnica y capacidad de innovación, ahora también para su aplicación en energías renovables. VARTA Professional Deep Cycle y VARTA Professional Deep Cycle AGM son dos modelos de batería de gran potencia. Las dos baterías, una basada en la tecnología húmeda y la otra en la tecnología AGM, ofrecen una gran resistencia a los ciclos, y ambas destacan por su extrema durabilidad y su ausencia absoluta de mantenimiento.



SAP	ETN	REF	Volios	C 20	C 10	C 5	Capacidad a 25 A	CCA (EN)	Dimensiones (mm)			Peso Kg	Terminal	Esquema	Sujecion
									Largo	Ancho	Alto				
VARTA PROFESSIONAL STARTER (... ..B91 2)															
585428	812 071 000	LFS75	12 V	75 Ah	67 Ah	60 Ah	124 Min.	600 A	260	175	225	18,50	1	1	B01
585427	811 053 057	LFS105	12 V	105 Ah	94 Ah	85 Ah	190 Min.	570 A	330	175	240	26,90	1	9	B00
VARTA PROFESSIONAL DEEP CYCLE (... ..B91 2)															
585549	930 060 056	LFD60	12 V	60 Ah	55 Ah	51 Ah	109 Min.	560 A	242	175	190	16,50	1	0	B13
585561	930 075 065	LFD75	12 V	75 Ah	69 Ah	64 Ah	141 Min.	650 A	278	175	190	18,90	1	0	B13
585564	930 090 080	LFD90	12 V	90 Ah	83 Ah	77 Ah	174 Min.	800 A	353	175	190	23,73	1	0	B13
585430	930 140 080	LFD140	12 V	140 Ah	129 Ah	119 Ah	284 Min.	800 A	513	189	223	36,62	1	3	B00
585431	930 180 100	LFD180	12 V	180 Ah	166 Ah	153 Ah	377 Min.	1000 A	513	223	223	45,10	1	3	B00
585429	930 230 115	LFD230	12 V	230 Ah	212 Ah	196 Ah	499 Min.	1150 A	518	276	242	56,75	1	3	B00
VARTA PROFESSIONAL AGM DEEP CYCLE (... ..B92 2)															
585396	830 024 016	LAD24	12 V	24 Ah	22 Ah	20 Ah	27 Min.	160 A*	165	176	125	8,90	M5	0	B00
585397	830 060 037	LAD60	12 V	60 Ah	54 Ah	49 Ah	100 Min.	370 A*	265	166	188	20,70	1	0	B00
585398	830 070 045	LAD70	12 V	70 Ah	63 Ah	58 Ah	115 Min.	450 A*	260	169	230,5	23,80	1	0	B00
585399	830 085 051	LAD85	12 V	85 Ah	77 Ah	70 Ah	145 Min.	510 A*	260	169	230,5	25,10	1	0	B00
585400	830 115 060	LAD115	12 V	115 Ah	104 Ah	91 Ah	200 Min.	600 A*	328	172	233,5	32,80	1	0	B00
585401	830 150 090	LAD150	12 V	150 Ah	135 Ah	123 Ah	285 Min.	900 A*	484	171	241	45,50	1	0	B00
585402	830 260 152	LAD260	12 V	260 Ah	234 Ah	214 Ah	578 Min.	1525 A*	521	269	239,5	78,20	1	4	B00

* CCA (SAE)

LA BATERÍA ADECUADA PARA CADA APLICACIÓN

CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES DE ARRANQUE			APLICACIONES DE ARRANQUE Y SUMINISTRO		
Potencia de arranque	●	●	●	●	●	●
Resistencia a los ciclos	●	●	●	●	●	●
Aceptación de carga	●	●	●	●	●	●
Resistencia a la vibración	●	●	●	●	●	●
 Solares			 VARTA Professional DC	 VARTA Professional DC AGM	 OPTIMA® YellowTop® DC	
 Autocaravanas	 VARTA Blue Dynamic	 OPTIMA® RedTop® SLI	 VARTA Professional DC	 VARTA Professional DC AGM	 OPTIMA® YellowTop® DC	
 Caravanas			 VARTA Professional DC	 VARTA Professional DC AGM	 OPTIMA® YellowTop® DC	
 Embarcaciones eléctricas			 VARTA Professional DC	 VARTA Professional DC AGM	 OPTIMA® BlueTop® DC	
 Embarcaciones pequeñas, barcos motor, veleros	 VARTA Blue Dynamic	 OPTIMA® BlueTop® SLI	 VARTA Professional DC	 VARTA Professional DC AGM	 OPTIMA® BlueTop® DC	



Formula Star son baterías de Plomo-ácido abiertas para almacenar energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos.

INFORMACIÓN DE DISEÑO

- Placas y separadores especiales.
- Larga vida en ciclos de carga y descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas.
- Reducida auto-descarga.
- Mayor tensión de descarga mediante conexiones interiores más cortas.
- Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos.
- Baterías estacionarias especialmente diseñadas para instalaciones fotovoltaicas.



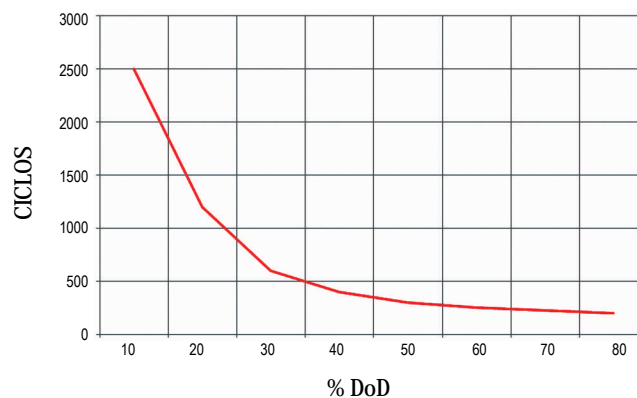
APLICACIONES

- Casas, campers, barcos, estaciones de montaña.
- Semáforos y señales de tráfico.
- Iluminación en calles y parques.
- Estaciones de medida, estaciones de bombeo, etc.

DATOS TÉCNICOS (TEMPERATURA REFERENCIA 25°C)

MODELO	V	Capacidad C100 (Ah)	Dimensiones (mm)		
			Largo	Ancho	Alto
FORMULA STAR FS 70 SOLAR	12	66	242	175	190
FORMULA STAR FS 80 SOLAR	12	80	274	175	190
FORMULA STAR FS 110 SOLAR	12	105	350	175	190
FORMULA STAR FS 155 SOLAR	12	155	513	189	223
FORMULA STAR FS 200 SOLAR	12	195	513	223	223
FORMULA STAR FS 240 SOLAR	12	240	513	274	239
FORMULA STAR FS 260 SOLAR	12	260	518	276	242

NÚMERO DE CICLOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



OPERACIÓN

- Curvas de carga: WUa, IUa, IUoU y IUloU.
- No descargar la batería por encima del 80%.
- La batería debe ser recargada al 100% al menos cada 1-4 semanas.
- El trabajo en flotación a tensiones muy altas puede suponer un consumo excesivo de agua.





DESDE 1984 ponemos a su disposición la mayor oferta de baterías y acumuladores, cargadores y comprobadores de baterías, así como autoradios, alarmas y equipos audiovisuales.

Somos especialistas en energía, consúltenos sobre sus necesidades, y le ofreceremos la mejor solución: baterías para automóvil, camión o moto, baterías de tracción para carretillas eléctricas, para fregadoras y barredoras, plataformas eléctricas, baterías para alarmas, SAIs / UPS, baterías para carritos y coches de golf, sillas eléctricas, embarcaciones náuticas, para instalaciones solares, etc...



contacto: daisa@daisa.es

CALL CENTER

Zona Centro
Telf.: 91 779 15 05
Fax: 91 380 86 19

Zona Norte
Telf.: 93 387 83 58
Fax: 93 383 57 80

Zona Sur
Telf.: 96 317 18 19
Fax: 96 185 93 14

Zona Canarias, Ceuta y Melilla
Telf.: 96 317 18 19
Fax: 96 185 93 14

Pocomaco-Parcela, G-4
Telf.: 981 29 70 00
Fax: 981 29 87 57
15190 LA CORUÑA

P. I. III, C/ Llanterners, 15
Telf.: 96 185 93 18
Fax: 96 185 93 14
46120 Alboraya VALENCIA

C /San Bernardino 12
Telf: 678687897
38108 Taco-La Laguna
SANTA CRUZ TENERIFE

Capitán Haya, 51 - 3ª Pta. 2
Telf.: 914 905 557
Fax: 916 621 889
28020 MADRID

C/ Demetrio de los Ríos, 14
Telf. / Fax.: 987 22 09 17
24008 LEÓN

P. I. Mora Garay
C/ Isaac Peral, 55
Telf.: 98 514 78 10
Fax: 98 538 17 19
33211 GIJÓN

ONE2ONE - DAISA
P. Miralcampo - C/ del Plástico, 4
Telf.: 949 264 700 / Fax: 949 260 451
19200 Azuqueca de Henares
GUADALAJARA

Paseo Canalejas, 43
Telf.: 923 100 933
Fax: 923 211 403
37001 SALAMANCA

P. I. Calonge, C/ Cromo,5
Telf.: 95 443 78 00
Fax: 95 435 92 23
41007 SEVILLA

C/ Sant Lluç, 32
Telf.: 93 307 39 54
Fax: 93 307 20 39
08918 BADALONA

