



## Sistema de Bombeo solar directo SOLENER<sup>®</sup>

Está diseñado por SOLENER para proporcionar un suministro de agua basado en la energía del sol, tanto para lugares remotos donde no se dispone de red eléctrica, como para alternativa económica/ecológica en aquellas instalaciones que sí disponen de ella y en aplicaciones domésticas como pueden ser: depuración de piscinas, fuentes ornamentales, piscifactorías y un largo etc. Además se pueden combinar con otros sistemas existentes como la red eléctrica con equipos de combustión tales como grupos electrógenos diesel conmutando o sumando ambas potencias. Estos sistemas fueron ideados en los años 80 por los ingenieros de Soluciones Energéticas S.A.SOLENER estando instalados muchos miles por todo el planeta. Incluso se puede acoplar a sistemas de ventilación o renovación de aire con el mismo principio de mover un fluido.

### ***El conjunto del Kit está compuesto de los siguientes elementos:***

- 1 - Electro bomba, motor y parte hidráulica
- 2 - Cuadro de control y protecciones
- 3 - Conjunto de paneles solares
- 4 - Soporte para paneles y estructura de anclaje al suelo o en cubiertas
- 5 - Tubería, cableado y pequeño material

### **Principio de funcionamiento:**

Los paneles solares captan la energía irradiada por el sol y la convierten en corriente continua que es aplicada a la entrada del cuadro de control electrónico. Este cuadro dependiendo del modelo, genera una tensión variable alterna trifásica de 230V o 380V y de frecuencia variable que será aplicada a la electrobomba sumergida para su funcionamiento. El uso del convertidor con salida 230 Vac III o de 380 Vac III nos permite utilizar motores estándar trifásicos.

La energía generada por los paneles depende de la cantidad de radiación recibida, la cual depende a su vez de la época del año, del estado de la atmósfera, temperatura, nubes, suciedad, polvo, etc. La electrónica mide la potencia disponible y ajusta la velocidad de la electrobomba para adaptarse a la energía entregada en cada momento por los paneles solares, obteniendo así el máximo aprovechamiento de la radiación disponible.

Todo esto se consigue con un variador electrónico de velocidad adaptado especialmente por el departamento de ingeniería de SOLENER, que logra incrementar el tiempo de bombeo a lo largo del día, con el consiguiente aumento del rendimiento hídrico del sistema.

A bajas potencias de entrada (correspondientes a bajos niveles de radiación solar) se disminuye la frecuencia de salida. El par de la bomba disminuye permitiendo la rotación del motor a menor velocidad, y en consecuencia, menor bombeo de agua sin parar. Y al contrario cuando sube la radiación solar aumenta el caudal.

La ventaja de este tipo de instalación es que con poca radiación solar (por ejemplo, al amanecer o atardecer) el sistema es capaz de hacer funcionar la bomba en un porcentaje de prestaciones proporcional a esas condiciones. Razón por la cual la hidráulica ha de calcularse de manera diferente. Si la cantidad de radiación no es suficiente (por ejemplo al atardecer o muy nublado), la bomba se parará automáticamente y volverá a arrancar cuando haya radiación al día siguiente o aumente la radiación solar sin intervención humana.



## Rango de tensión de los paneles solares

El máximo rendimiento de la electrobomba se consigue con una potencia de consumo acorde a la generada por los paneles.

La máxima tensión del sistema es de 800 Vdc para el caso de motobombas de 380/400 III Vac y 400 Vdc para el caso de 220/240 III Vac.

Para conseguir esta tensión será necesario conectar en serie un número ideal de paneles tal que:

Usando paneles de 72 células en serie y 42 V en vacío para un motor de 220V III Ac se necesitarán 8 ó 9 paneles de 72 células ó bien 9 ó 10 paneles de 60 células. Siempre con una tensión en vacío menor de 400 Vdc

En el caso de trabajar con motores de 380/400V III Ac se necesitarán: 14 ó 15 ó 16 ó 17 ó 18 paneles en serie de 72 células cada uno ó 17 ó 18 ó 19 ó 20 ó 21 de 60 células. Siempre menor con una tensión máxima de 800 Vdc.

Aquí y dependiendo de la potencia requerida, se añadirán en paralelo otras ramas de paneles de igual tensión, para conseguir la deseada, jugando en los cálculos con la potencia de los paneles, la longitud de los herrajes de la estructura, las pérdidas en el cableado y el tamaño óptimo de los módulos para poder trabajar en altura, ya que paneles muy grandes y pesados dificultan mucho el trabajo y el riesgo de accidentes y roturas se dispara.

En la conexión serie, el positivo de cada panel se conecta al negativo del siguiente, quedando el negativo del primer panel y el positivo del último listos para conectarse a la entrada del cuadro eléctrico protegiendo cada rama con un seccionador y un diodo.

## Características de funcionamiento del motor para el bombeo solar

El motor de la electrobomba debe ser trifásico para una tensión nominal de 220 ó 380V y 50 ó 60 Hz. Su potencia debe estar acorde con la potencia solar instalada y con la potencia del cuadro eléctrico. (Es muy difícil quemar un motor, con potencia limitada a la potencia de la radiación solar).

La hidráulica se deberá calcular de 2 a 4 veces más, la altura de bombeo y pérdidas nominales, pues cuando la radiación solar baje, se determinará otro punto de trabajo a una velocidad inferior y será necesario que la hidráulica saque agua a una velocidad menor. (La potencia del motor siempre debe de hacerse coincidir lo más posible con la potencia de paneles).

Las aplicaciones para las cuales está enfocado este tipo de instalaciones fotovoltaicas es el sistema de bombeo de agua solar autónomo, tanto para uso doméstico como agrícola.

- Extracción de aguas subterráneas para consumo humano.
- Extracción de aguas subterráneas para aplicaciones agrícolas y/o ganaderas.
- Depuradoras de piscinas y fuentes ornamentales.

En ambos casos, el cuadro eléctrico incluye un convertidor de velocidad SOLENER conectado



directamente al generador fotovoltaico, no siendo necesaria ninguna sonda de nivel para el pozo, pues al aumentar la velocidad del motor y bajar la potencia consumida, el equipo determinará que no hay agua. Y el equipo se parará, y temporizará otra arranque y así hasta que vuelva a tener agua el pozo o se pare manualmente el equipo.

Esto quiere decir que la bomba no trabaja bajo ningún concepto en seco, ni nada sufrirá. Puede usarse una sonda opcional de nivel en un depósito si es necesario acumular agua. Puede sacar agua directamente para el goteo y automáticamente se parará el equipo al quedarse sin agua.

También puede ser puesto en marcha y parado mediante un interruptor o un reloj o bien mediante una boya de nivel.

Al bombeo directo, opcionalmente se le puede añadir un grupo diesel o la red, e hibridarse, en el caso de necesitar suministro de mas agua durante el día o en la noche.

Si los paneles fotovoltaicos no fueran capaces de suministrar toda la potencia, un posible motor diesel se arrancaría con días nublados o por la noche. Vd. elegirá si quiere conectar: además del equipo solar, y añadir un grupo electrógeno diesel, o la red, dependiendo de las fuentes de energía disponibles.

## **Observación importante:**

Cuando la potencia de la energía solar disminuya por ejemplo a una octava parte de la radiación, en el caso de amanecer o al atardecer, la frecuencia de salida del equipo que es variable, bajará aproximadamente a la mitad, es decir por ejemplo. a: 25 Hz en lugar de 50 Hz, y el equipo sacará la mitad del caudal nominal de agua de la bomba seleccionada.

A además la altura de trabajo operativa disminuirá a una cuarta parte, lo que nos obligará previamente a sobredimensionar la parte hidráulica para poder trabajar con poca radiación solar.

Es decir, hay que colocar una parte hidráulica que sea capaz de trabajar entre 2 y cuatro veces la altura de trabajo real, y aunque aparentemente se necesita un motor de 2 a 4 veces más potente para trabajar a esa nueva altura, no es así, ya que la altura de trabajo es la real, y consumirá la potencia de catálogo para esa altura y el caudal nominal para esa frecuencia.

Por eso muchas veces parece que hay un error de cálculo, no es así, ya que hay una especie de caja de cambios que optimiza el acople hidráulico.

Si la radiación solar o el nivel de agua en los pozos son superiores al de la hipótesis de cálculo, el equipo aumentará automáticamente la frecuencia de trabajo y podrá sacar hasta un 30 % más de agua al girar la motobomba más rápido como consecuencia de trabajar con menos altura o con más radiación solar. Hay un balance directo entre la radiación solar, la temperatura y el trabajo de bombeo.

Para conseguir esto último con muy alta eficiencia los ingenieros de SOLENER, que han trabajado más de treinta años en este tipo de equipos, aconsejan que tanto el motor, como la electrónica, los cables y la tubería están sobredimensionados. Lo que no es un error ni implica un sobrepeso exagerado. Si la hidráulica existente fuera para 50 Hz, con los rodetes hidráulicos muy justos, se deberá incrementar la potencia del generador, un mínimo de 1.200 W/ Hp para poder trabajar al menos 5 ó 6 horas diarias.

Así podremos conseguir la mejor relación entre metro cúbico suministrado y precio invertido.



## PREMISAS DE CÁLCULO

Las leyes de semejanza de las bombas centrífugas son:

$$(1) \quad \alpha = \frac{N}{N_0} = \frac{Q}{Q_0} = \sqrt{\frac{H}{H_0}} = \sqrt{\frac{M}{M_0}} = \sqrt[3]{\frac{P}{P_0}}$$

donde  $N$  son las revoluciones,  $Q$  el caudal,  $H$  la altura,  $M$  el par y  $P$  la potencia.

La altura en función del caudal se expresa como:

$$(2) \quad H_0 = A + B \times Q_0 + C \times Q_0^2$$

donde  $A$ ,  $B$  y  $C$  son específicas de cada bomba.

El rendimiento en función del caudal es:

$$(3) \quad \eta_0 = D \times Q_0 + E \times Q_0^2$$

donde  $D$  y  $E$  son específicas de cada bomba.

La potencia consumida en  $(Q_0, H_0)$  es:

$$(4) \quad P_0 = g \times \rho \times \frac{Q_0 \times H_0}{\eta_0}$$

donde  $g$  es la gravedad,  $\rho$  la densidad,  $Q_0$  el caudal,  $H_0$  la altura y  $\eta_0$  el rendimiento, todo ello en unidades del Sistema Internacional.

## CÁLCULO DE LAS ECUACIONES

De la relación entre altura y caudal en (1) se obtiene que:

$$(A), \text{ siendo } H = k \times Q^2 \quad k = \frac{H_0}{Q_0^2}$$

luego todos los puntos homólogos a uno dado  $(Q_0, H_0)$  están sobre una parábola que pasa por el origen. Todos esos puntos tienen el mismo rendimiento  $\eta_0$ , por lo que a esa parábola se le llama **parábola de iso-rendimiento**.

Para obtener  $A$ ,  $B$  y  $C$  usamos los puntos  $(0, H_m)$ ,  $(Q_0, H_0)$  y  $(Q_m, 0)$  de la gráfica:

$$A = H_m \quad C = \frac{(H_0 - H_m) \times Q_m + H_m \times Q_0}{Q_0^2 \times Q_m - Q_m^2 \times Q_0} \quad B = -\frac{H_m + C \times Q_m^2}{Q_m}$$

y en el caso particular

$$Q_0 = \frac{Q_m}{2} \quad C = \frac{2 \times H_m - 4 \times H_0}{Q_m^2}$$

Para obtener  $D$  y  $E$  partimos de (3) y de los rendimientos en  $(Q_0, H_0)$  y  $(Q_1, H_1)$ :

$$E = \frac{\eta_0 \times Q_1 - \eta_1 \times Q_0}{Q_0^2 \times Q_1 - Q_1^2 \times Q_0} \quad D = \frac{\eta_0 - E \times Q_0^2}{Q_0}$$



Ahora podemos determinar la curva  $H(Q)$  para cualquier régimen de giro. A partir de (2), y usando las relaciones altura/revoluciones y caudal/revoluciones de (1):

(B) donde

$$H = A \times \alpha^2 + B \times \alpha \times Q + C \times Q^2 \quad \alpha = \frac{N}{N_0}$$

ídem para  $\eta(Q)$  usando (3) y (1):

$$(C) \quad \eta = \frac{D}{\alpha} \times Q + \frac{E}{\alpha^2} \times Q^2$$

Si queremos encontrar el punto de potencia máxima para la curva, sustituimos (2) y (3) en (4) y derivamos respecto a  $Q$ ; igualando a cero obtenemos:

$$(D) \quad Q_{P_{\max}} = \frac{C^2 \pm \sqrt{C^4 - C \times D \times (A \times D - B \times C)}}{C \times D}$$

Para hacer las curvas de potencia constante encontramos un punto homólogo a  $(Q_0, H_0)$

usando  $\alpha = \sqrt[3]{\frac{P_{cte}}{P_0}}$  y las relaciones de  $Q$  y  $H$  en (1)