

Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo

Conceptos Generales y Componentes

Oscar Perpiñán Lamigueiro
<http://oscarperpinan.github.io>

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Introducción

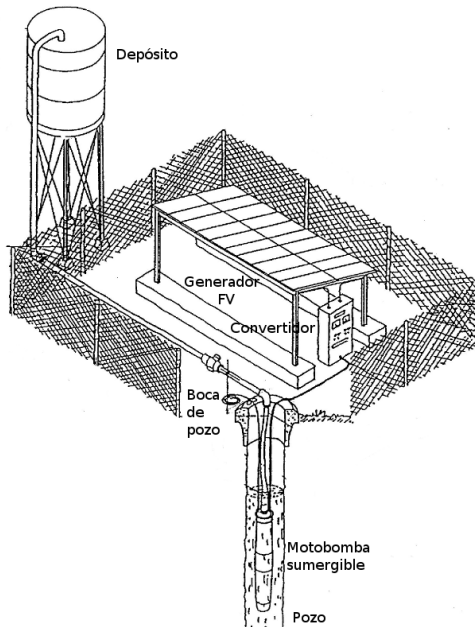
Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

- ▶ Las **curvas de generación fotovoltaica y de consumo de agua están bien adaptadas**: las épocas de mayor calor y radiación solar son de mayor consumo de agua.
- ▶ Se puede utilizar el **agua como medio de acumulación de energía**, evitando baterías con el consiguiente ahorro de costes, a la vez que aumenta la seguridad, eficiencia y fiabilidad.
- ▶ El bombeo de agua directo fotovoltaico es limpio: **no presenta los riesgos de una contaminación del pozo a causa de posibles derrames de combustible**. Asimismo, se evitan los problemas logísticos de suministro y transporte de carburante.

Composición



Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

- ▶ Un **motor eléctrico** es una máquina eléctrica que **transforma energía eléctrica en energía mecánica** por medio de interacciones electromagnéticas.
- ▶ Una **bomba** es una **máquina hidráulica** generadora que **transforma la energía mecánica** con la que es accionada **en energía hidráulica del fluido** (agua).

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Motor DC

- ▶ **Estator-Inductor** alimentado por **corriente DC** (o imanes permanentes).
- ▶ El **colector de delgas** transforma la frecuencia de alimentación (DC) en alterna.
- ▶ **Rotor-Inducido gira sincronizado** con la frecuencia «transformada».
- ▶ Los **motores DC con escobillas están sometidos a desgaste**. Necesitan mantenimiento y por tanto deben evitarse con bombas sumergidas.
- ▶ Existen **motores DC sin escobillas**, donde la conmutación se realiza mediante un **circuito electrónico**.
- ▶ No necesitan inversor (pero si **adaptador**), tienen buen rendimiento, pero están indicados para **potencias bajas**.

Motor asíncrono o de inducción

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ **Estator-inductor** alimentado por una **corriente trifásica alterna**. Produce un campo giratorio.
- ▶ **Rotor-inducido** constituido por **espiras cortocircuitadas** (jaula de ardilla).
- ▶ Son los más comunes, y más baratos que los DC.
- ▶ Tienen **pares de arranque muy bajos**, adecuados para bombas que requieren bajo par de arranque, como las **centrífugas**.

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Ecuación de Bernoulli

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Conservación de energía

$$\frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2} + g \cdot \Delta h = cte.$$

- ▶ Δp : presión (bombas de desplazamiento positivo)
- ▶ Δv^2 : velocidad (bombas rotodinámicas)
- ▶ Δh : altura (objetivo)

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Bombas de desplazamiento positivo

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Principio: cambio de presión

- ▶ El aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen.
- ▶ **Bombas oscilantes**, compartimentos fijos de volumen variable por el movimiento de un pistón o por la deformación de un diafragma.
- ▶ **Bombas rotatorias**, compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. (p.ej. bomba de tornillo o helicoidal).

Introducción

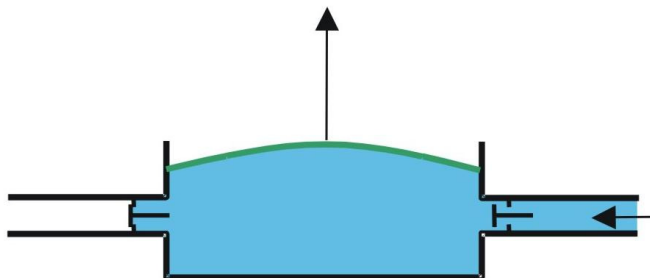
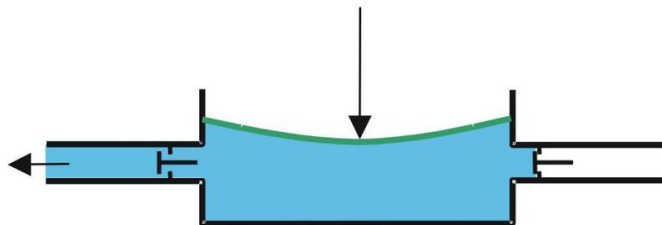
Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Bombas de membrana



Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Bombas helicoidales

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

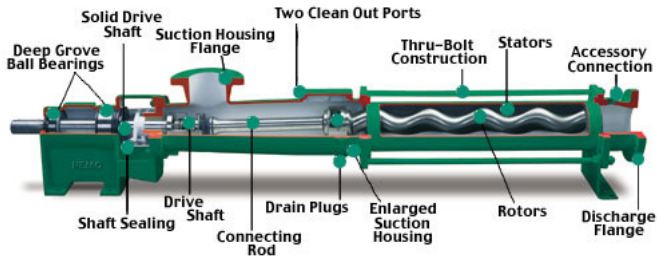
Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico



Bombas helicoidales y de membrana

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ Son apropiadas para **altos incrementos de presión y bajos caudales**.
- ▶ Necesitan un **elevado par de arranque** (por tanto no pueden ser acopladas directamente al generador).
- ▶ Las bombas de diafragma, más económicas, requieren el **reemplazo de los diafragmas** cada dos o tres años, dependiendo del fabricante.

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Principio: añadir cantidad de movimiento

- ▶ En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido.
- ▶ **Radiales o centrífugas**
 - ▶ El fluido entra por el centro del rodete cuyos álabes conducen el fluido
 - ▶ Por la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior y es recogido por la carcasa
 - ▶ Es conducido hacia la salida o hacia el siguiente rodete (bombas multietapa)

Introducción

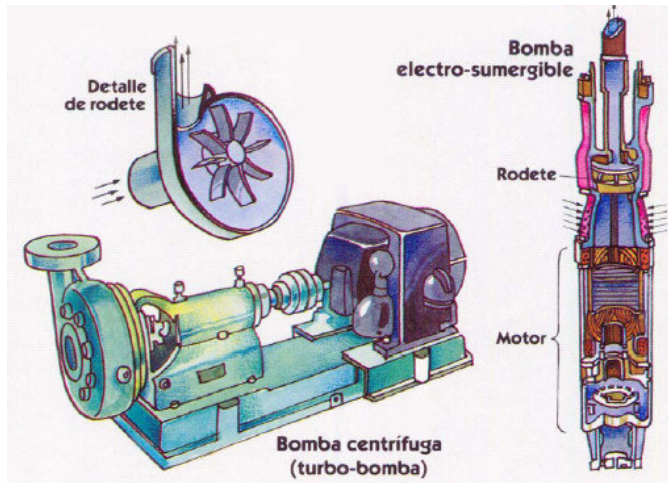
Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Bombas centrífugas



Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Bombas centrífugas

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ Están diseñadas para vencer una **presión más o menos constante**,
- ▶ Proporcionan **elevados caudales para bajas alturas manométricas**.
- ▶ Se puede aumentar la altura añadiendo etapas en serie en la misma bomba (bomba multietapa)
- ▶ Son **bombas simples y robustas, de bajo coste**.
- ▶ Funcionan bien con pequeños pares de arranque.

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Según la disposición

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

► Bombas sumergibles

- Pozos profundos de pequeño diámetro
- Normalmente ensambladas con el motor.

► Bombas flotantes

- Instalación en ríos, lagos o pozos de gran diámetro en flotación.
- Mucho caudal pero poca altura manométrica

► Bombas de superficie

- Instaladas a nivel de suelo (fácil mantenimiento)
- Tienen un límite en el nivel de succión (8 metros).
- Si utilizan agua como lubricante, no deben operar en seco para evitar el sobrecalentamiento.

Configuraciones típicas

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ **Sistemas de baja potencia (50 a 400 Wp)**
 - ▶ Motor DC accionando una bomba de membrana
- ▶ **Sistemas de media potencia (400-1500 Wp)**
 - ▶ Bomba sumergible centrífuga multietapa con motor asíncrono
 - ▶ Motor DC sin escobillas accionando una bomba helicoidal
- ▶ **Potencia superior a 1 kWp**
 - ▶ Bomba sumergible centrífuga multietapa con motor asíncrono

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Bombas



Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores

Protecciones

Circuito

Hidráulico



- ▶ La **potencia y tensión suministrada por un generador FV varían** con la radiación y la temperatura.
- ▶ Las condiciones de funcionamiento **no se adaptan siempre a todos los requerimientos de la motobomba.**
- ▶ Es necesario adaptar las condiciones de funcionamiento de la motobomba al punto de trabajo del generador FV.
 - ▶ **Motor AC: variador de frecuencia**
 - ▶ **Motor DC: convertidor DC-DC**

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores

Protecciones

Circuito
Hidráulico

Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Convertidores

Protecciones

Circuito Hidráulico

Convertidor DC-DC

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ Dispositivo que **transforma corriente continua de una tensión a otra**.
 - ▶ Suelen ser reguladores de conmutación, dando a su salida una tensión regulada.
- ▶ Se utiliza para alimentar **motores DC con generador FV**.
- ▶ Normalmente no incorporan buscador de MPP.

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores
Protecciones

Circuito
Hidráulico

Variador de frecuencia

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Introducción

Motobombas

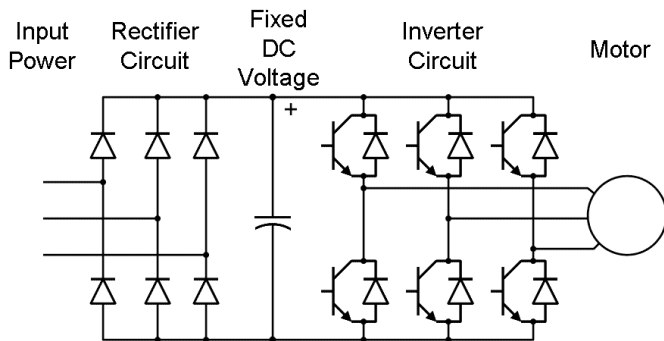
Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores
Protecciones

Circuito
Hidráulico

Variador de frecuencia

- ▶ El variador de frecuencia **transforma una señal alterna de una frecuencia en otra señal alterna de otra frecuencia.**
- ▶ Está compuesto por un rectificador y un inversor con frecuencia variable.
- ▶ Eficiencia cercana al 95%.
- ▶ Habitualmente sin seguidor de MPP.



Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Convertidores

Protecciones

Circuito Hidráulico

Pozo vacío

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ **Control de frecuencia de salida del variador.**
- ▶ Cuando el motor trabaja en vacío, la corriente consumida baja y el variador debe subir la frecuencia para alcanzar la tensión de referencia.
- ▶ Si se supera la frecuencia de 55 Hz se para el sistema y se marca un intervalo de espera para permitir que el pozo vuelva a llenarse.

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores
Protecciones

Circuito
Hidráulico

Deposito lleno

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ **Presostáto en la tubería combinado con una boya en el depósito.**
- ▶ Cuando en el depósito se alcanza un nivel determinado, la boya acciona el cierre de la entrada al depósito.
- ▶ Sin embargo, la bomba sigue elevando agua. De esta forma, la presión dentro de la tubería aumenta hasta accionar el presostato.
- ▶ Se pone en marcha un temporizador para permitir que baje el nivel del depósito.

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores
Protecciones

Circuito
Hidráulico

Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Circuito hidráulico

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ Tubería de impulsión
- ▶ Boca de pozo
- ▶ Tubería de distribución y valvulería
- ▶ Depósito

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Tubería de Impulsión

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ Es la tubería instalada a la salida de la bomba.
- ▶ Polietileno de alta densidad y calidad alimentaria
 - ▶ Coste menor
 - ▶ Tendencia a enrollarse.
- ▶ Tuberías autoportantes flexibles
 - ▶ Coste mayor
 - ▶ Requiere terminales específicos fabricados en acero inoxidable

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Circuito Hidráulico



Depósito elevado

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ **Tamaño adecuado para 1 o 2 días de consumo**
- ▶ Para depósitos pequeños (20 a 1.000 l) debe elegirse un **depósito plástico de color negro** para evitar aparición de algas y otros contaminantes.
- ▶ El plástico puede ser polietileno de alta densidad para uso alimentario.

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

