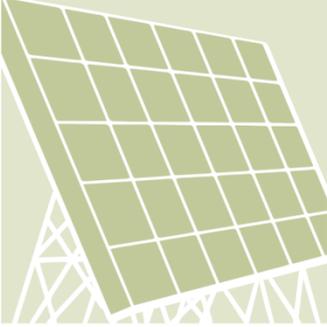


POWERING  
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE  
FOR DEVELOPMENT



# Módulo 7: Mantenimiento

La publicación de la Caja de herramientas de sistemas de riego solar ha sido posible gracias al apoyo brindado por la iniciativa mundial *Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* (PAEGC) (Energización Rural: Un gran desafío energético para el desarrollo). En 2012, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Sida), el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, la empresa de energía Duke Energy Corporation y la Corporación de Inversiones Privadas en el Extranjero (OPIC) juntaron recursos para crear la iniciativa PAEGC. El objetivo de PAEGC es fomentar nuevos enfoques sostenibles con el fin de acelerar el desarrollo y asegurar el establecimiento de energías limpias que incrementen la productividad y/o el valor de la agricultura en países en desarrollo y regiones emergentes sin acceso a fuentes de energía confiables, asequibles y limpias.

#### Publicado por

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del BMZ como socio fundador de la iniciativa mundial *Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* (PAEGC), y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

#### Responsable

Proyecto de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (Energía sostenible para la alimentación - Energía para la agricultura)

#### Contacto

[Powering.Agriculture@giz.de](mailto:Powering.Agriculture@giz.de)

#### Descargar

[https://energypedia.info/wiki/Toolbox\\_on\\_SPIS](https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS)

#### Acerca de

*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development*. <https://poweringag.org>

#### Versión

1.0 (marzo de 2018)

#### Descargo de responsabilidad

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en este producto informativo no implican juicio alguno de parte de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), o los socios fundadores de la iniciativa PAEGC, sobre la condición jurídica o el grado de desarrollo de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la GIZ, la FAO o alguno de los socios fundadores de la iniciativa PAEGC los aprueben o recomienden, dándoles preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan. Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es) o autora(s), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o las políticas de la GIZ, la FAO o ninguno de los socios fundadores de la iniciativa PAEGC.

La GIZ, la FAO y los socios fundadores de la iniciativa PAEGC fomentan la utilización, la reproducción y la difusión del material presentado en este producto informativo. A menos que se indique lo contrario, el material puede ser copiado, descargado e impreso con fines de estudio privado, enseñanza e investigación científica, o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se otorgue a la GIZ y la FAO el debido reconocimiento como fuentes y como titulares de los derechos de autor.

Implemented by

© GIZ y FAO, 2018

 Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

## ABREVIATURAS

Ah	amperio hora
CA/CC	corriente alterna / corriente continua
CEM	condiciones estándar de medida
CT	coeficiente de temperatura
CWR	Crop Water Requirement (necesidades de agua de los cultivos, siglas en inglés)
ET	evapotranspiración
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, siglas en inglés)
FV	fotovoltaico
Gd	Daily Global Irradiation (radiación global diaria, siglas en inglés)
GIWR	Gross Irrigation Water Requirement (necesidades brutas de agua de riego, siglas en inglés)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPFI	Global Partnership for Financial Inclusion (Alianza Mundial para la Inclusión Financiera, siglas en inglés)
HERA	Programa de la GIZ “Abastecimiento básico de energía orientado a la pobreza”
H <sub>T</sub>	Total Head (altura total, siglas en inglés)
IEC	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional, siglas en inglés)
IFC	International Finance Corporation (Corporación Financiera Internacional, siglas en inglés)
IWR	Irrigation Water Requirement (necesidades de agua de riego, siglas en inglés)
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
MPPT	Maximum Power Point Tracking (seguimiento del punto de máxima potencia, siglas en inglés)
NIWR	Net Irrigation Water Requirement (necesidades netas de agua de riego, siglas en inglés)
ONG	organización no gubernamental
PVP	Photovoltaic Pump (bomba fotovoltaica, siglas en inglés)
SAT	Site Acceptance Test (prueba de aceptación in situ, siglas en inglés)
SPIS	Solar Powered Irrigation System (sistema de riego solar, siglas en inglés)
TIR	tasa interna de retorno (o de rentabilidad)
UV	ultravioleta
VAN	valor actual neto
Vd	Daily crop water requirement (necesidades diarias de agua de los cultivos, siglas en inglés)
W	vatio
Wp	vatios pico

## MANTENIMIENTO

1. Establecer y mejorar el plan de mantenimiento



2. Seleccionar un proveedor de servicios adecuado



3. Implementar rutinas de mantenimiento



4. Documentación y seguimiento

## OBJETIVO DEL MÓDULO Y ORIENTACIÓN

El mantenimiento de un SPIS no requiere competencias técnicas avanzadas y, en general, exige menos esfuerzos que la mayoría de las demás tecnologías. No obstante, sí requiere un buen seguimiento sistemático para prever problemas y reaccionar con tiempo a las necesidades de servicio. Dada la relativamente elevada inversión inicial, es importante que cada componente del SPIS reciba un mantenimiento adecuado. Además, es imprescindible observar los cambios en otros factores que afecten al desempeño del sistema, tales como la disponibilidad de agua, el estado del suelo, etc.

## PASOS DEL PROCESO

Las rutinas de mantenimiento influyen en la eficiencia operativa y el tiempo de vida del SPIS. El productor o productora puede establecer el plan de mantenimiento con la ayuda de un proveedor profesional de servicios. El presente módulo ofrece ejemplos de listas de verificación para dicha causa. Es importante que las actividades de mantenimiento se documenten y se vigilen con precisión.



Canal de riego de hormigón

(Fuente: Lennart Woltering)

## 1. ESTABLECER Y MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO

Tras la instalación del sistema, el proveedor de tecnología o el proveedor de servicios debe entregar al productor o productora un manual de operación (v. módulo **MONTAJE**). Este manual contiene instrucciones para la operación, el mantenimiento y la solución de problemas, además de los datos de contacto del proveedor de servicios. Basándose en él, el proveedor de servicios y el productor o productora deben desarrollar un plan de mantenimiento, el cual será revisado regularmente por el productor o productora y el asesor o asesora agrícola.

Las listas de verificación son útiles para asegurar que el mantenimiento se realiza con regularidad y de forma adecuada. Para ello, la caja de herramientas de SPIS contiene listas de verificación del mantenimiento adecuado del generador fotovoltaico y del sistema de riego. Los siguientes aspectos son importantes para cada uno de los componentes principales de un SPIS:

- **Fuente de agua y motobomba:** Por lo general, las motobombas solares no necesitan mucho mantenimiento cuando se utilizan con fuentes de agua limpias, libres de arena, sedimentos y plantas acuáticas. Por ello, la fuente de agua debe mantenerse limpia. En tales condiciones, las bombas pueden durar más de 10 años.
- **Paneles solares y estructura de montaje:** Los paneles solares y su estructura de montaje requieren por lo general muy poco mantenimiento, puesto que no tienen piezas móviles. No obstante, los paneles deben mantenerse limpios y libres de sombra, y las estructuras de montaje deben ser estables. El conjunto o sistema fotovoltaico debe protegerse de animales y de la caída de objetos. Bien cuidados, los paneles solares y las estructuras de montaje pueden durar más de 20 años.
- **Dispositivos electrónicos y de control:** Dado que son muy sensibles al sobrecalentamiento, los controladores/inversores deben instalarse en lugares en que esté garantizado su correcto funcionamiento. Entre los factores a tener en cuenta figuran la temperatura ambiente, la capacidad de disipación de calor (ventilación) y la humedad relativa. Por razones de servicio y mantenimiento, el controlador debe ser fácilmente accesible. Además, entre el generador fotovoltaico y el controlador tiene que haber un interruptor de circuito. A los insectos y los animales pequeños, tales como las lagartijas, les gusta construir sus nidos en las cajas de conexiones, donde pueden dañar los componentes electrónicos (p. ej., a causa del ácido fórmico). De ahí que sea esencial sellar bien todas las aberturas (p. ej., con prensaestopas).
- **Sistema de riego:** Si se aplica riego por goteo, el agua debe filtrarse, dado que los emisores de goteo pueden obstruirse fácilmente. Dependiendo de la carga de sedimentos del agua, los filtros deben limpiarse regularmente (hasta varias veces al día). Esto requiere cierto nivel de conocimientos y habilidades técnicas. Además, las líneas de goteo deben lavarse regularmente, y los goteros se deben examinar para ver si están obstruidos y, de ser necesario, reemplazarlos. La herramienta **MANTENIMIENTO – Guía sobre la aplicación uniforme del agua** se aplica para verificar la uniformidad de la

distribución del agua en un sistema de riego por goteo. Esta verificación forma parte de la prueba de aceptación del sistema (v. módulo **MONTAJE**), pero también es parte de una inspección de rutina. Debe tenerse en cuenta también que las aguas duras (aguas de riego con altas concentraciones de cal) dan lugar a la formación de depósitos que obstruyen las tuberías expuestas al calor (luz solar directa).

La siguiente página ofrece un resumen de los fallos más comunes observados sobre el terreno y los problemas que estos ocasionan.

## EJEMPLOS DE ERRORES COMUNES DE INSTALACIÓN

### **Conexión peligrosa de cables**

Aunque el instalador o instaladora ha usado cinta aislante de caucho para aislar los conductores, la conexión de los cables ha quedado expuesta en el suelo. La seguridad es cuestionable, sobre todo durante el riego o en tiempos de fuertes lluvias.

### **Corrosión galvánica de un sistema de seguimiento manual**

Con el tiempo, los objetos de metal están sujetos a oxidación y corrosión. La corrosión afecta normalmente a los metales no preciosos, tales como el acero, el zinc y el aluminio. En presencia de aire, agua o sal, estos metales se corroen rápidamente, por lo que deben cubrirse con un sellador que los proteja.

### **Capacidad limitada de disipación de calor de la carcasa corroída de un controlador**

La carcasa de metal del controlador de la motobomba presenta marcas extensas de corrosión. Además, la carcasa carece de ventilación natural, por lo que al cerrar su tapa frontal puede producirse un sobrecalentamiento del controlador.

## EJEMPLOS DE MANTENIMIENTO INADECUADO

### **Suciedad acumulada en el borde inferior de un panel fotovoltaico**

Aunque la mugre no afecta sino a una pequeña parte del panel, el impacto negativo en la eficiencia del panel es importante. Puede eliminarse fácilmente con agua limpia y fregando con una esponja envuelta en un paño o con un cepillo suave.

### **Sombras provocadas por la falta de mantenimiento de la cubierta vegetal del suelo**

Los paneles solares producen menos potencia cuando se ven afectados por sombras, por lo que deben instalarse en

lugares donde no haya riesgo de sombras. Una sombra que caiga sobre una pequeña parte del panel puede causar un efecto sorprendentemente grande en la producción de electricidad, debido a que las celdas del panel están conectadas normalmente en serie, y por tanto, las que reciben sombra inciden en el flujo de corriente de todo el panel.



Conexión peligrosa de cables, corrosión galvánica de un sistema de seguimiento manual, capacidad limitada de disipación de calor de la carcasa corroída de un controlador; ejemplos de mantenimiento inadecuado: suciedad acumulada en el borde inferior del panel fotovoltaico, sombras sobre un panel fotovoltaico provocadas por falta de mantenimiento de la cubierta vegetal del suelo  
(Fuente: Andreas Hahn, 2015)

## RESULTADO/PRODUCTO

- Plan de mantenimiento;
- **MANTENIMIENTO – Lista de verificación del mantenimiento;**
- **MANTENIMIENTO – Guía sobre la aplicación uniforme del agua.**

## DATOS REQUERIDOS

- Instrucciones para el mantenimiento adecuado de cada componente del SPIS;
- lista de verificación para el análisis del agua.

## PERSONAS/PARTES INTERESADAS

- Productores y productoras/grupos de productores y productoras;

- asesores y asesoras agrícolas;
- proveedores de tecnología y servicios (electricistas, empresas proveedoras de sistemas fotovoltaicos).

## ASUNTOS IMPORTANTES

- El mantenimiento regular es indispensable para el funcionamiento eficiente y a largo plazo de cualquier sistema de bombeo e irrigación.
- Si se mantienen correctamente, los SPIS son fiables y sus costos de mantenimiento son bajos.
- Los planes de mantenimiento deben revisarse regularmente con el proveedor de tecnología/servicios y el asesor o la asesora agrícola.



Limpeza de los paneles solares en Ghana como actividad de mantenimiento rutinaria

(Fuente: Lennart Woltering)

## 2. SELECCIONAR UN PROVEEDOR DE SERVICIOS ADECUADO

Dado que el SPIS consta de múltiples componentes que tal vez no puedan ser instalados por un solo proveedor, es muy probable que haya varias partes interesadas involucradas en el mantenimiento del SPIS.

Son importantes los siguientes **servicios de mantenimiento**:

- capacitación/introducción a las operaciones y el uso de las herramientas de mantenimiento;
- visitas regulares de inspección y mantenimiento (especialmente en los primeros meses de funcionamiento);
- suministro de un manual de operaciones y herramientas de mantenimiento (copias impresas);
- garantía de los componentes;
- servicio de resolución de problemas (en línea, por teléfono).

Idealmente, el contrato con el proveedor técnico y/o la empresa responsable de la instalación debería incluir servicios de mantenimiento.

En caso de avería del sistema, no olvidar verificar si existe una garantía que cubra los componentes y el servicio. En cualquier caso, el productor o productora no debe tratar de reparar por sí mismo el componente defectuoso, ya que corre el riesgo de perder la garantía.

Tratándose de paneles solares, la garantía es una “garantía de desempeño” (o rendimiento) que normalmente decrece con el paso de los años (p. ej., 90 % de rendimiento después de 10 años; 80 % de rendimiento después de 20 años).

Se recomienda seleccionar un instalador o instaladora que pueda prestar también servicios de mantenimiento. De no ser posible, se deben obtener y comparar dos o tres cotizaciones de diferentes proveedores de servicios:

- determinar si los precios cotizados se refieren a la misma gama/tipo de servicios;
- analizar las propuestas con otros expertos y expertas técnicos (asesores y asesoras agrícolas, institutos de investigación, etc.);
- analizar las propuestas con proveedores técnicos a fin de comprender los detalles;
- decidir y contratar un proveedor de servicios de mantenimiento **antes de la puesta en funcionamiento del sistema**.

### RESULTADO / PRODUCTO

- Contrato de servicio.

### DATOS REQUERIDOS

- Cotizaciones de proveedores de servicios;
- detalles del contrato.

### PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Productores y productoras/grupos de productores y productoras;
- asesores y asesoras agrícolas;
- proveedores de tecnología y servicios (electricistas, empresas proveedoras de sistemas fotovoltaicos).

### ASUNTOS IMPORTANTES

- Idealmente, el contrato con el proveedor técnico y/o la empresa responsable de la instalación debería incluir servicios de mantenimiento.
- Los proveedores de tecnología y servicios pueden prestar una valiosa asistencia/capacitación; ¡solicítela!

### 3. IMPLEMENTAR RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Una vez establecido el plan de mantenimiento y se hayan identificado las personas responsables, el mantenimiento debe convertirse en rutina.

Actividades básicas de un mantenimiento regular:

1. Verificar diariamente si el sistema está funcionando.

Si la motobomba no está funcionando:

- a) revisar la fuente de agua y las tuberías (¿hay suciedad, obstrucciones, suficiente agua?);
- b) revisar la electrónica (¿hay partes quemadas, cables sueltos, luces de emergencia?).

2. Verificar una vez por semana:

- a) la energía generada por el sistema fotovoltaico;
- b) el desempeño de la bomba (caudal de bombeo);
- c) el estado de la fuente de agua (pureza del agua);
- d) el estado del controlador y la electrónica (signos visibles de mal funcionamiento);

- e) que no haya emisores de goteo obstruidos;
- f) el estado de la instalación de almacenamiento de agua y las tuberías (filtraciones, nivel del agua);
- g) el estado de los paneles solares y su sistema de montaje (estabilidad, limpieza).

3. Limpiar los paneles solares entre cada dos y cuatro semanas:

- a) con agua limpia, y fregando un poco con una esponja envuelta en un paño o un cepillo suave, se puede eliminar la suciedad más persistente;
- b) limpiar a primera hora de la mañana o al caer el sol, cuando los paneles no están calientes;
- c) no pisar los paneles ni caminar sobre ellos porque podrían dañarse.

**Nota: Los paneles** calientes no se deben rociar con agua fría – ¡podrían rajarse!



Inspección visual de los paneles solares (Fuente: Lennart Woltering)

4. **Cada dos o tres meses a lo largo de todo el año**, el sistema fotovoltaico debe someterse a una inspección rigurosa que garantice:

- a) que no crezcan plantas cerca de los paneles, las estructuras de montaje, la fuente de agua, el controlador, la caja de conexiones, etc.;
- b) que sobre los paneles no caigan sombras (producidas por plantas, postes, cercos, etc.) para aprovechar al máximo la irradiación solar;
- c) que no esté dañado el cerco que protege el conjunto fotovoltaico;
- d) que las estructuras de montaje son estables.

Además, debe limpiarse regularmente el reservorio y lavarse con regularidad el sistema de riego.

**Nota:** Inspeccionar siempre el sistema **tras fuertes vientos, granizadas, tormentas eléctricas o terremotos** que hayan afectado a la región.

Después de una primera experiencia con un plan de mantenimiento determinado, el cronograma y la frecuencia del mantenimiento podrán cambiarse para adaptarlos a las condiciones locales y las capacidades del productor o productora.

**Nota:** Llamar al proveedor de tecnología (paneles, bombeo, controlador) o al electricista (electrónica) que instaló el sistema para pedir ayuda; esto debería ser parte del contrato de servicios.

#### RESULTADO / PRODUCTO

- Plan de mantenimiento;
- hojas de mantenimiento;
- lista de verificación para visitas a terreno;
- hoja de inspección semanal;
- hoja de inspección bimestral;
- **MANTENIMIENTO – Lista de verificación de mantenimiento.**

#### PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Productores y productoras/grupos de productores y productoras;
- asesores y asesoras agrícolas;
- proveedores de tecnología y servicios (electricistas, empresas proveedoras de sistemas solares).

#### ASUNTOS Y DECISIONES IMPORTANTES

- El mantenimiento de un SPIS no requiere competencias técnicas avanzadas y, en comparación con la mayoría de las demás tecnologías, exige menos esfuerzos generales.
- Es importante establecer rutinas de inspección y mantenimiento y programarlas como parte del plan de trabajo de la granja.

## 4. DOCUMENTACIÓN Y MONITOREO

El sistema de monitoreo de un SPIS consta de contadores de agua, medidores de presión y otros instrumentos de medición. Las mediciones del flujo de agua, los niveles de agua y las presiones del sistema son de fundamental importancia para la operación de un SPIS. El sistema de monitoreo se utiliza, además, para:

- obtener datos para la prueba de aceptación del sistema tras su instalación;
- observar el funcionamiento y el desempeño del sistema en cualquier momento;
- controlar el suministro y el consumo de agua;
- prevenir el agotamiento de aguas subterráneas y los riesgos ambientales conexos.

Incluso un sistema de monitoreo sencillo que conste únicamente de un contador de agua y un medidor del nivel de agua sería útil para mejorar la toma de decisiones en torno a la operación de un SPIS.

Durante la operación diaria y las inspecciones regulares del SPIS, el productor o productora debe recoger y registrar de manera sistemática datos sobre el sistema y su desempeño. Tales datos son de fundamental importancia para el productor o productora y el proveedor de servicios porque permiten a estos realizar análisis regulares del funcionamiento del sistema. Las observaciones, los resultados de las verificaciones de desempeño y las reparaciones deben documentarse de manera sistemática. Es pues muy recomendable llevar un cuaderno de registros.

### RESULTADO/PRODUCTO

- Cuaderno de datos de monitoreo.

### DATOS REQUERIDOS

- Costos de reemplazos y servicios (facturas, fechas, breve descripción de las causas);
- resultados de visitas de mantenimiento de asesores o asesoras agrícolas y/o proveedores de tecnología/servicios (lista de verificación del mantenimiento);
- fallos del sistema (fecha, descripción).

### PERSONAS/PARTES INTERESADAS

- Productores y productoras/grupos de productores y productoras;
- asesores y asesoras agrícolas;
- proveedores de tecnología y servicios (electricistas, empresas proveedoras de sistemas solares).

### ASUNTOS IMPORTANTES

- La recolección de datos debe estar asociada al plan de mantenimiento;
- los datos deben recogerse con regularidad;
- puede que el productor o productora necesite asistencia y/o capacitación inicial para estar en condiciones de registrar y analizar correctamente los datos;
- los esfuerzos de mantenimiento pueden resultar vanos si las aguas subterráneas de la región no se gestionan de forma adecuada; por ello, deben vigilarse también los niveles del agua subterránea.

## **LECTURAS COMPLEMENTARIAS, ENLACES Y HERRAMIENTAS**

### **Enlaces**

NETAFIM: Drip Irrigation Maintenance.  
Recuperado de <http://www.netafim.com/>

### **Herramientas de SPIS**

**MANTENIMIENTO – Lista de  
verificación del mantenimiento**

**MANTENIMIENTO – Guía sobre la  
aplicación uniforme del agua**

También son relevantes las siguientes  
herramientas asociadas a otros módulos:

**DISEÑA – Herramienta de recogida de  
datos:** sobre los recursos humanos  
disponibles en la explotación para la  
operación y el mantenimiento.