

*photovoltaic floating cover systems*



# Cubiertas flotantes fotovoltaicas

## Mejora de la eficiencia hídrica y energética



JORNADA SOBRE IMPERMEABILIZACIÓN Y CUBIERTAS PARA DE BALSAS DE RIEGO  
Centro Nacional de Tecnología de Regadíos CENTER  
D. Emili Pons Puig





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

- 🌱 *Introducción*
- 🌱 *Sistemas de cubrición de balsas*
- 🌱 *Sistema de cubiertas flotantes FV*
- 🌱 *Beneficios del sistema*
- 🌱 *Operaciones de mantenimiento*
- 🌱 *Instalaciones y proyectos*





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

- 🌱 **Introducción**
- 🌱 *Sistemas de cubrición de balsas*
- 🌱 *Sistema de cubiertas flotantes FV*
- 🌱 *Beneficios del sistema*
- 🌱 *Operaciones de mantenimiento*
- 🌱 *Instalaciones y proyectos*





## Introducción



ISIGENERE RENOVABLES.



Actividad Principal: Las energías renovables para el autoabastecimiento energético. Generar tu propia energía es posible?



Desarrollo de sistemas de generación renovables para autoconsumo/autoabastecimiento en el regadío. Departamento desarrollo de producto



Equipo multidisciplinar. Ingenieros Agrónomos, Ing. Industriales,...  
Colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria. DIRA - ETSIA.



Es posible tener cada vez menor dependencia energética en el sector del regadío?  
Es posible reducir el coste energético? Es posible solucionar al mismo tiempo otras problemáticas de las balsas de riego?





# Introducción

- Problemática de las balsas de riego
- Problemática energética del sector del regadío

Es posible minimizar estos aspectos?  
Es viable técnica y económicamente?



**L**as fuentes de generación de energía renovable, en particular la energía solar fotovoltaica, aportan al sector del regadío la estabilidad de precios de la energía necesaria para mantener su viabilidad, los elevados costes de la energía eléctrica, junto con la disminución sustancial de los costes de implantación de sistemas de generación fotovoltaicos en el regadío, hacen rentables estas inversiones con bajos periodos de retorno.

Aunque parezca una obviedad, el desarrollo vegetativo de los cultivos y las necesidades de riego de los mismos dependen directamente de la radiación solar. A mayor radiación solar, mayores necesidades de riego. Del mismo modo ocurre con la producción de energía en un sistema fotovoltaico. A mayor radiación solar, mayor producción de energía. Esta obviedad, que determina actores del sector emergente parece que desconocer, es el fundamento de los sistemas de bombeo solar de gran potencia.

De otro lado, el sector del regadío empieza a recuperar la confianza en las energías renovables, dañada por una campaña mediática perfectamente estudiada para deslegitimarla y llena de falsedades. En este marco, empiezan a implantarse los denominados sistemas de bombeo solar de gran potencia. Estos sistemas están compuestos esencialmente por la electrobomba, un gestor de bombeo y el generador o campo fotovoltaico.

El gestor de bombeo es el componente principal del sistema, encargado de acoplar el campo fotovoltaico a la electrobomba, variando su régimen de funcionamiento en función de la frecuencia y optimizando hidráulicamente el sistema con la energía solar disponible en cada momento.

El generador fotovoltaico está compuesto por un conjunto de paneles solares capaces de suministrar la tensión y potencia necesarias para accionar el motor de la bomba. La determinación de la potencia del generador depende de diversos factores, tales como la tensión de funcionamiento del gestor y el volumen de agua a extraer. En el caso de bombes en agua de riego con regulación anual, la potencia del campo fotovoltaico suele estar alrededor de 1,5 veces la potencia del motor.

Actualmente se encuentran en funcionamiento varias instalaciones de funcionalidad nacional y existen multitud de proyectos en curso. Isigenero Renovables está trabajando en instalaciones de bombeo solar en Granada (Cima Concañales), Zante (varias comunidades de regantes), Los sistemas de bombeo solar requieren una elevada superficie de terreno donde puede ubicar el generador fotovoltaico, que según el proyecto y su emplazamiento, podrá ser más o menos fácil de encontrar.

Por otro lado, hay que resaltar que la gran mayoría de instalaciones de bombeo de media y gran potencia van unidas a sistemas hidráulicos de regulación anual y acumulación de los volúmenes extraídos. Las balsas de materiales extraídos, habilitadas con geomembranas son la solución más habitual utilizada en los sistemas de riego.

Farase coherente poder aprovechar la misma superficie utilizada por las balsas de riego para disponer el generador fotovoltaico. En esta línea, en los últimos años ha comenzado el desarrollo de sistemas solares flotantes, que utilizan la superficie de agua como soporte físico del campo fotovoltaico.

El carácter incipiente de dicha tecnología se constata en la revisión y contabilización realizada por Trapani, K. y Redón-Santafé, M., donde se detallan 19 instalaciones realizadas en el mundo en el periodo 2007-2013. Actualmente, existen distintos sistemas solares flotantes comerciales. Isigenero Renovables dispone de uno de ellos, consiguiendo la cubrición total de la lámina de agua y permitiendo la variación de los niveles de agua y el acoplamiento del generador a la geometría de la balsa.

El sistema, compuesto por elementos modulares flotantes, soporte de los paneles solares, permite utilizar la misma superficie ocupada por la balsa de riego para disponer el generador solar sin necesidad de mayor ocupación o adquisición de suelo. Simultáneamente, consigue disminuir la tasa de evaporación de agua (oscila a 1m<sup>3</sup>/año en la zona mediterránea).

Por tanto, los sistemas de bombeo solar directo de gran potencia junto con los sistemas solares flotantes, que actualmente comercializa Isigenero Renovables, mejoran la eficiencia hídrica y energética de los sistemas de riego y al mismo tiempo, proporcionan la estabilidad en el precio de la energía que la agricultura de regadío necesita.





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

-  **Introducción**
-  **Sistemas de cubrición de balsas**
-  **Sistema de cubiertas flotantes FV**
-  **Beneficios del sistema**
-  **Operaciones de mantenimiento**
-  **Instalaciones y proyectos**





## **Sistemas de cubrición de balsas**

- **Introducción**
- **Métodos de reducción de la evaporación.**
- **Bases mecánicas de los sistemas de cubrición.**
  - **CCSs**
  - **Cubiertas flotantes continuas**
  - **Cubiertas flotantes modulares**
- **Sistemas de anclaje y cimentación**





## **Sistemas de cubrición de balsas. Introducción**

- *La cubrición de balsas se ha utilizado tradicionalmente para mejorar la calidad bacteriológica del agua para uso humano, disminuyendo la proliferación de algas y la tasa de evaporación de cloro.*
- *Históricamente se han utilizado forjados de hormigón para cubrición de depósitos.*
- *En el regadío se incrementan estos objetivos. Reducción de la tasa de evaporación de agua, disminución de algas,...*
- *Multitud de sistemas....*





## **Sistemas de cubrición de balsas. Introducción**

- **Multitud de factores que incluyen en determinar el tipo de sistema o cubrición.**
  - Localización, tamaño y forma
  - Materiales
  - Cimentación, condiciones de apoyo
  - Cargas actuantes
  - Estéticos
  - Funcionales:
    - Puesta en servicio de la cubierta
    - Compatibilidad con la infraestructura de acumulación
    - Mantenimiento y explotación
    - Costes de instalación y mantenimiento
    - Medioambientales – Eficiencia hídrica
    - Uso del agua: agua urbana vs. Agua riego



photovoltaic floating cover systems



isi - floating

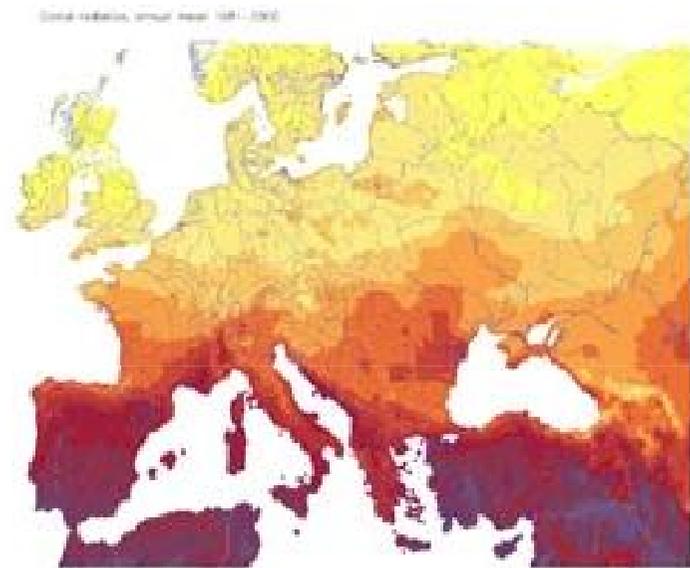


## **Sistemas de cubrición de balsas. Métodos de reducción evaporación.**

▪ **Problemática en zonas áridas y semiáridas**

▪ **Métodos**

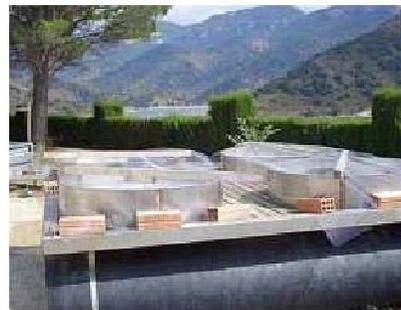
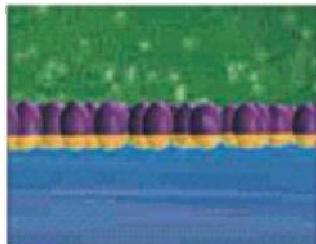
- *Métodos químicos*
- *Métodos físicos*
- *Métodos biológicos*
- *Métodos de diseño y manejo*
- *Métodos mecánicos o estructurales*





## **Sistemas de cubrición de balsas. Métodos químicos**

- **Aplicación de sustancias sintéticas menos densas que el agua**
- **Tasas de reducción de la evaporación 10 – 30%**
- **Problemas de aplicación - viento**
- **Impacto calidad del agua: nuevos productos biodegradables**



**WaterSavr™ Trial**  
**Catalan Water Agency**  
**Siurana Reservoir**

Pan evaporation tests conducted at the Siurana reservoir in Spain, September 2004, resulted in an **average water savings of 34%**.





## *Sistemas de cubrición de balsas. Otros métodos*

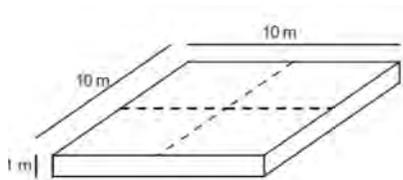
### ▪ *Métodos físicos*

- *Técnicas que modifican propiedad físicas del agua: Color y Tª*

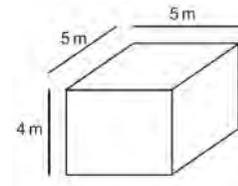
### ▪ *Métodos biológicos*

- *Aplicación de especies vegetales o coberturas de residuos vegetales*

- *Métodos de diseño y manejo. Relación V/S. Cortavientos.*



$$V = 100 \text{ m}^3$$
$$S_{\text{cubierta}} = 100 \text{ m}^2$$
$$S_{\text{cubierta}}/V = 1$$



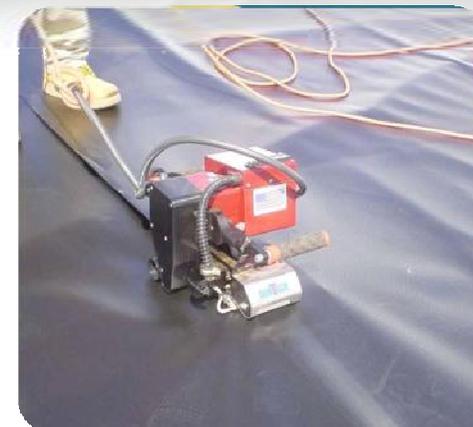
$$V = 100 \text{ m}^3$$
$$S_{\text{cubierta}} = 25 \text{ m}^2$$
$$S_{\text{cubierta}}/V = 0.25$$





## *Sistemas de cubrición de balsas. Métodos Mecánicos*

- *Cubiertas flotantes continuas*
  - *PVC/EPDM/PEAD/PP reforzados*
  - *Acoplamiento a la geometría del vaso*





## **Sistemas de cubrición de balsas. Métodos Mecánicos**

### ▪ **Cubiertas flotantes modulares**





## **Sistemas de cubrición de balsas. Métodos Mecánicos**

### ■ **Cubiertas flotantes modulares**

- **Desarrollos tecnológicos innovadores y muy recientes**
- **Sistemas muy flexibles**
- **Efecto del movimiento de los módulos: libres & arriostrados**
- **Gran capacidad para instalarse en superficies grandes y de forma paulatina**





## *Sistemas de cubrición de balsas. Métodos Mecánicos*

- *Cubiertas de sombreado suspendidas*
  - *Estructuras colgantes formadas por redes de cables*
  - *Anclado perimetralmente*
  - *Factor limitante: luz a salvar*
  - *Técnica que mas se ha desarrollado en España*





## *Sistemas de cubrición de balsas. Análisis comparativo*

Técnica de reducción evaporación	Descripción del sistema de cubrición	Superficie balsa máx. recomendada	Reducción de la Evaporación	Evaluación técnica y Durabilidad mecánica	Observaciones
Cubierta flotante	Cubierta flotante de lámina de PE Técnica instalada en tanque y balsa real	<1 ha	90 %	Inadecuado comportamiento tenso-deformacional de la lámina a largo plazo. Problemas con el anclaje en zanja de la lámina. Acumulación de sedimentos sobre la lámina Daños en la lámina en uniones y provocados por animales u otros agentes externos que son fuente potencial de entrada de viento bajo la cubierta Coste elevado	El régimen de explotación de las balsas dificulta la toma de datos para medir la evaporación Agua sobre la superficie reduce la eficiencia del sistema
Cubierta modular flotante	Cubierta modular formada por tuberías de PE formando un marco de 12x2 m. que se envuelve con lámina	< 10 ha	80%	El comportamiento en tanque de 10 m de diámetro muestra problemas de alabeo y torsión de los módulos así como acumulación de agua sobre la lámina Se estiman costes similares a la anterior	% reducción será mayor dependiendo del % de cubrición de la balsa
Cobertura de sombreo	Red de cables con malla de sombreo Técnica instalada en tanque y balsa real	<5 ha	70%	Tamaño y forma de la balsa establecen los requisitos estructurales del sistema Las condiciones de apoyo y anclaje de la malla son un factor muy restrictivo en cuanto superficies de balsa a cubrir Situaciones de balsa llena y grandes flechas, malla en contacto con el agua	Puesta en obra solo con balsa vacía Coste muy elevado
Productos químicos	Aplicación de alcohol estearílico que forma una película sobre la superficie de agua. Producto testado en tanque y balsa real. Técnica instalada en tanque y balsa real	>10 ha	15%	Luz UV y algas afectan su distribución homogénea Necesita continua aplicación cada 2 o 3 días. Viento y oleaje afectan a la aplicación y mantenimiento del producto. Menor coste pero muy dependiente de la tecnificación en la aplicación del producto	% de eficiencia de aplicación muy variables. Permite aplicar el producto sólo en épocas de altas tasas evaporativas





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

-  *Introducción*
-  *Sistemas de cubrición de balsas*
-  **Sistema de cubiertas flotantes FV**
-  *Beneficios del sistema*
-  *Operaciones de mantenimiento*
-  *Instalaciones y proyectos*





## *Sistema de cubierta flotante fotovoltaica*

- *Cubierta flotante formada por unidades o plataformas flotantes modulares que forman una retícula estructurada de flotadores, soporte de paneles FV*





## Sistema de cubierta flotante fotovoltaica

- **Inicio de lo sistemas flotantes fotovoltaicos**
  - **2007 – Japón – 20 KW**
  - **2008 – California – 175 KW**
  - **2009 – Agost (Alicante) – 24 KW – Prototipo ISIGENERE**
  - **2010 – Agost (Alicante) – 300 kW – ISIGENERE- SCFFV – Instalación mas grande de Europa.**





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

-  *Introducción*
-  *Sistemas de cubrición de balsas*
-  *Sistema de cubiertas flotantes FV*
-  **Beneficios del sistema**
-  *Operaciones de mantenimiento*
-  *Aplicaciones del sistema. Producción y eficiencia energética*
-  *Instalaciones y proyectos*
-  *Viabilidad económica*





## ■ Beneficios Hídricos

- *Reducción de la tasa de evaporación*
- *Aumento de la vida útil de las láminas impermeabilizantes*
- *Disminución de la proliferación de algas y microorganismos.*
- *Disminución de los sedimentos depositados en el fondo.*
- *Disminución de las operaciones de filtrado y aumento vida útil sistema filtración.*
- *Disminución de olores, en el caso de instalaciones sobre aguas depuradas.*





## *Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Beneficios*

### ▪ *Beneficios Energéticos*

- *Generación de energía renovable vinculada a consumos cercanos*
- *Aumento de la eficiencia energética en sistemas de acumulación – bombeo (reducción tasa evaporación ).*
- *Aumento de la eficiencia del sistema fotovoltaica–disminución temperatura módulo.*





## **Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Beneficios**

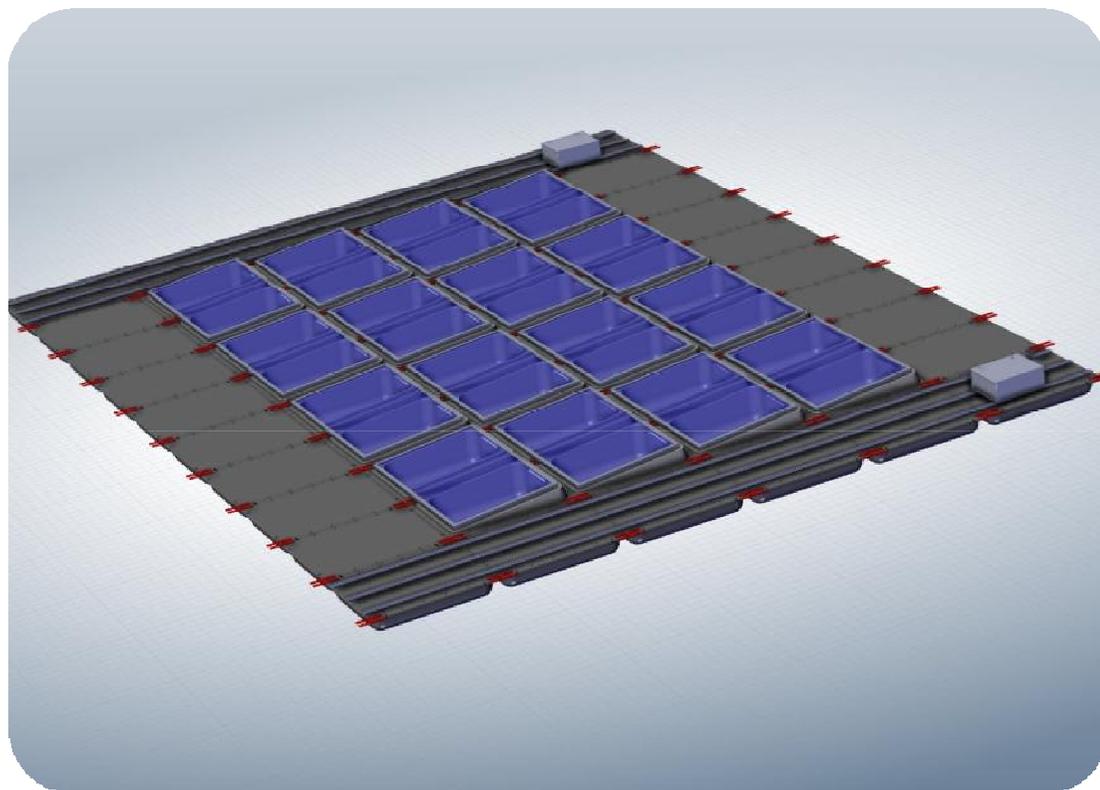
### ▪ Beneficios Urbanísticos – Medio Ambientales

- *Posibilidad de implantación de grandes planta sin necesidad de mayor ocupación de suelo*
- *Menor afección sobre otros usos ( suelos protegidos, agrícolas, etc )*
- *Menor impacto visual*





## Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Versión comercial



### isi-floating

*ISI-FLOATING es un sistema modular de cubierta flotante solar, formado por unidades o plataformas que forman una retícula estructurada de flotadores*

*Los módulos flotantes sirven de apoyo a los paneles FV de la central de producción así como caminos de servicio, vías de acceso y evacuación eléctrica. La flexibilidad del diseño de la cubierta flotante solar permite:*

*Adaptación total a las condiciones de vaciado y llenado propias de las condiciones de explotación de la balsa.*

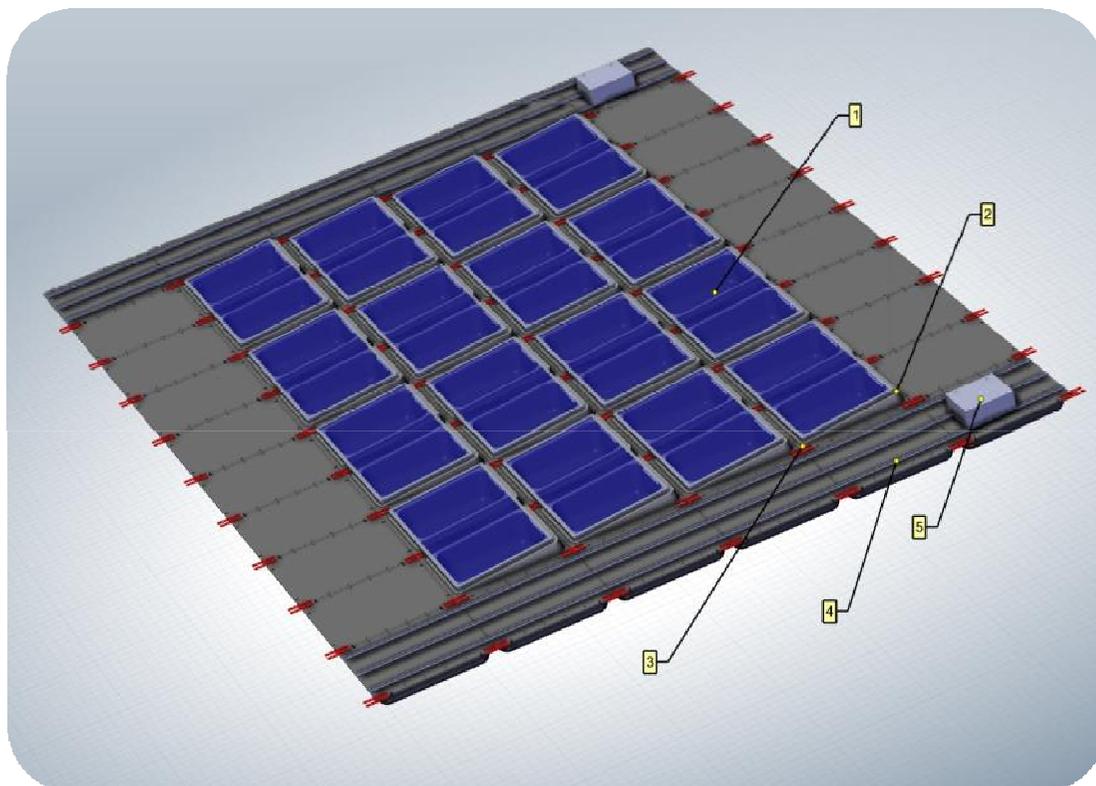
*Adaptación a cubriciones parciales de la superficie gracias a la modularidad del diseño con mayor o menor número de unidades flotantes.*

*Diseñado en base CTE –SE: AE, EC1: Acciones en las Estructuras. UNE-EN 1991-1-4 y ROM 0.4 Acciones Climáticas II*





## Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Versión comercial



# isi-floating

( 1 ). Panel solar fotovoltaico

( 2 ) flotador para placas FV con inclinación 5°. Elemento modular de material plástico PEMD soporte de los paneles PV.

( 3 ) Uniones entre flotadores. Elemento que posibilita la abertura de la cubierta flotante solar frente a distintas situaciones de nivel de agua en la balsa.

( 4 ) Flotador pasarela. Elemento modular plástico de PEMD utilizado para vías de servicio, cableado e instalaciones secundarias de la instalación eléctrica FV.

( 5 ) Cuadro eléctricos



photovoltaic floating cover systems



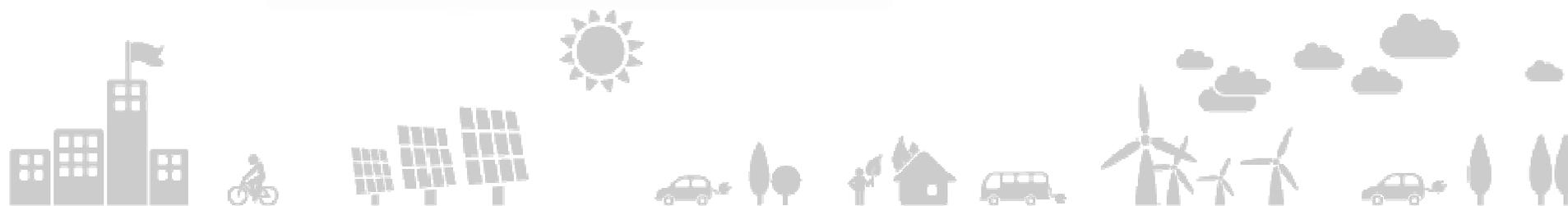
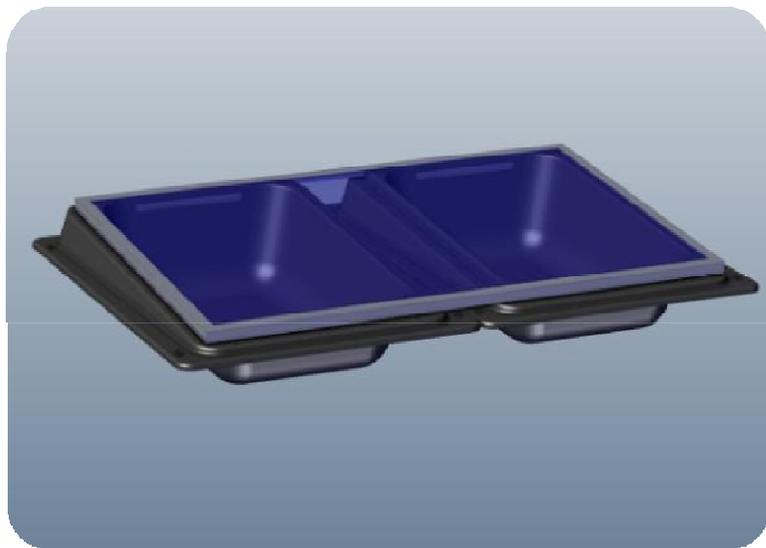
isi - floating



## **☼ Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Ventajas de la versión comercial – encajabilidad**

# *isi-floating*

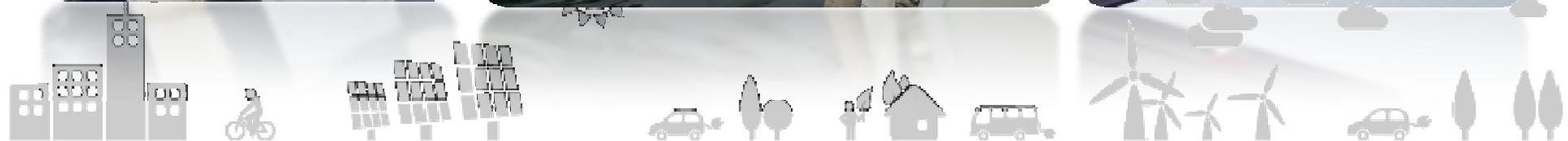
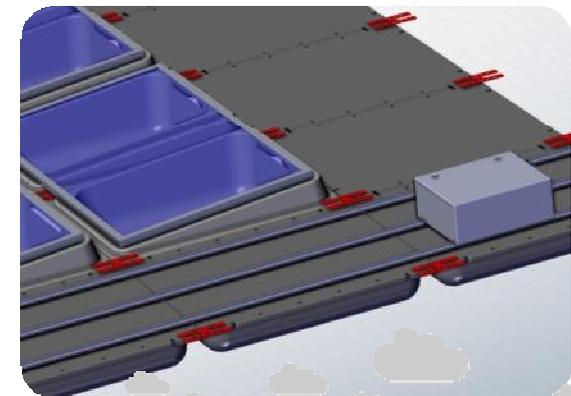
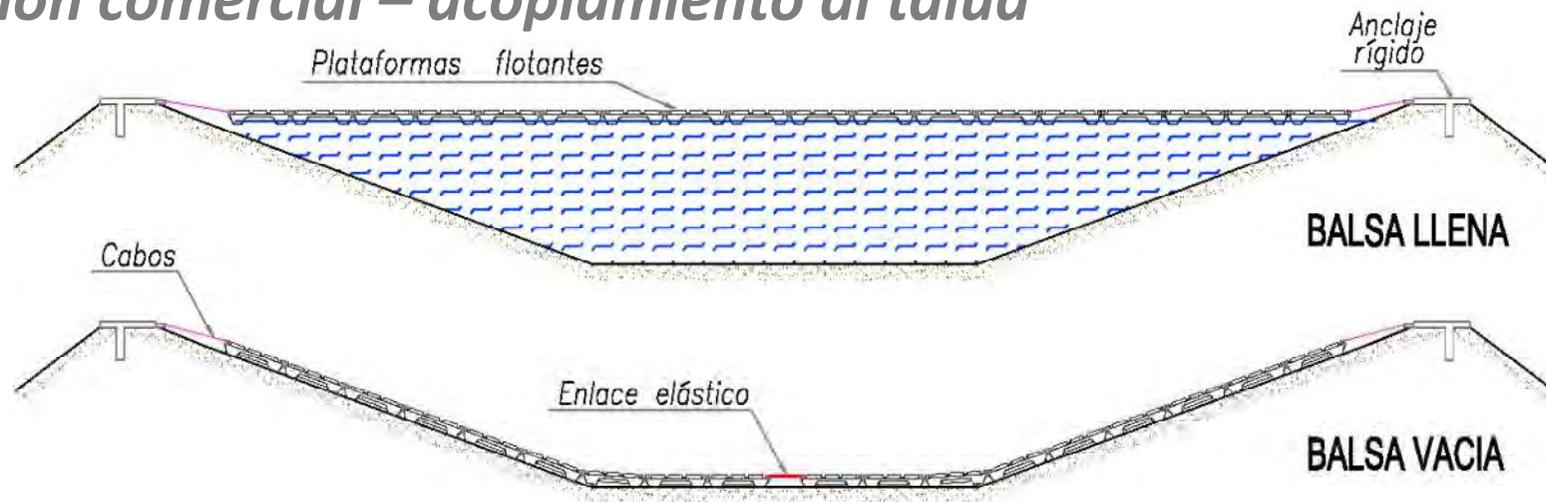
*unidad flotante encajable  
sistema patentado  
variante del sistema ejecutado  
en Agost ( Alicante ) de 2010*



[www.renovables.isigenerere.com](http://www.renovables.isigenerere.com)



## 🌱 Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Ventajas de la versión comercial – acoplamiento al talud



photovoltaic floating cover systems



isi - floating



## **🌱 Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Ventajas de la versión comercial – mejor facilidad de instalación**





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

- 🌱 **Introducción**
- 🌱 **Sistemas de cubrición de balsas**
- 🌱 **Sistema de cubiertas flotantes FV**
- 🌱 **Beneficios del sistema**
- 🌱 **Operaciones de mantenimiento**
- 🌱 **Instalaciones y proyectos**

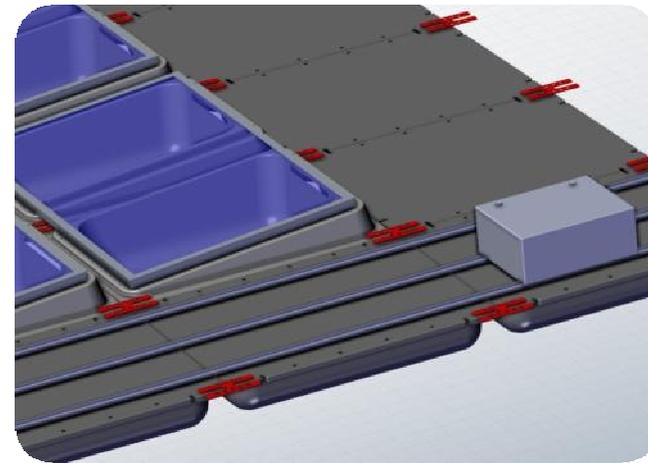




## Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Operaciones de mantenimiento

### ▪ Mantenimiento Instalación

- *Mantenimiento similar a las instalaciones convencionales ( revisión de conexiones, la limpieza de módulos, etc ). NO ES HABITUAL REALZIAR TAREAS DE LIMPIEZA. CUADRO ELÉCTRICOS PRINCIALES EN EL EXTERIOR*
- *Existencia de retícula de pasillos técnicos ( cableado eléctrico y acceso para mantenimiento )*

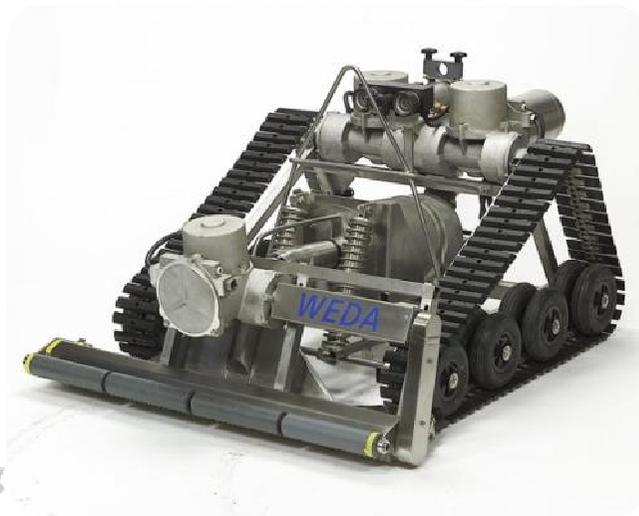




## Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Operaciones de mantenimiento

### ■ Operaciones de limpieza de balsas

- En caso de necesidad, utilización de robots LIMPIA FONDOS. Posibilidad de trabajar en balsas con lámina impermeabilizantes.
- No es habitual este tipo de operaciones en balsas de riego con suministro de agua subterráneas.

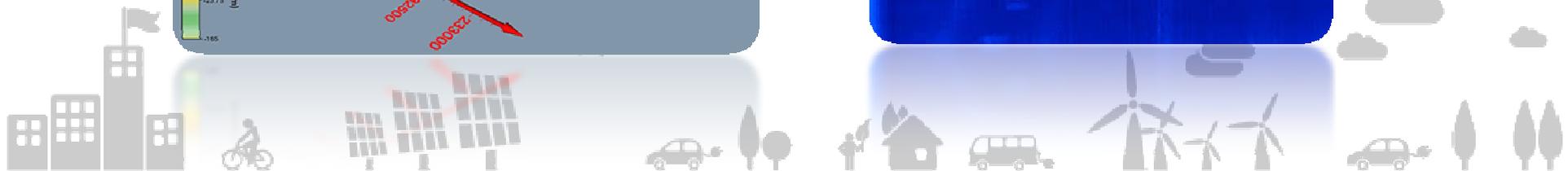
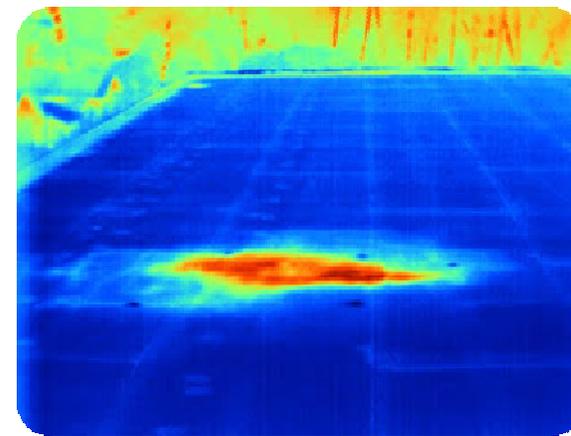
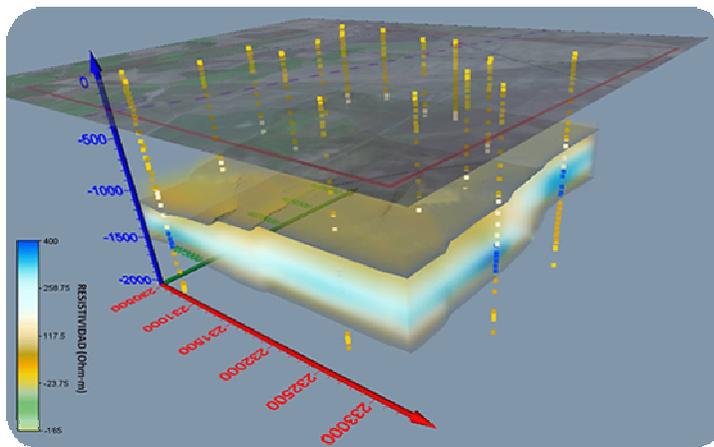




## 🌱 Sistema de cubierta flotante fotovoltaica. Operaciones de mantenimiento

### ▪ Detección de fugas y reparaciones.

- Localización a través de red de drenaje de detección, detección geoelectrica sin necesidad de desmontaje, termografia convencional
- Posibilidad de instalación fija de detección geoelectrica en grandes balsas.
- En caso de reparación, una vez localizada la fuga se procede fácilmente a desmontaje de la zona afectada.





## Cubiertas flotantes fotovoltaicas Mejora de la eficiencia hídrica y energética

- 🌱 ***Introducción***
- 🌱 ***Sistemas de cubrición de balsas***
- 🌱 ***Sistema de cubiertas flotantes FV***
- 🌱 ***Beneficios del sistema***
- 🌱 ***Operaciones de mantenimiento***
- 🌱 ***Instalaciones y proyectos***



photovoltaic floating cover systems

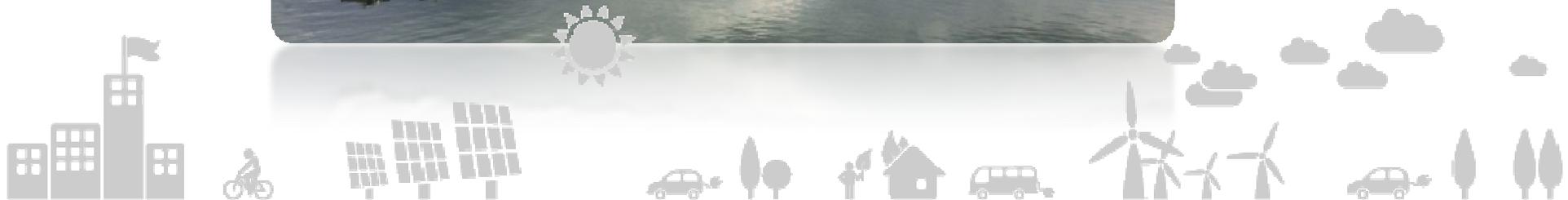


isi - floating



## **Instalaciones y proyectos**

- Proyecto ejecutados en Japón, Francia, España – Potencia hasta 3 MW



[www.renovables.isigenerere.com](http://www.renovables.isigenerere.com)

photovoltaic floating cover systems

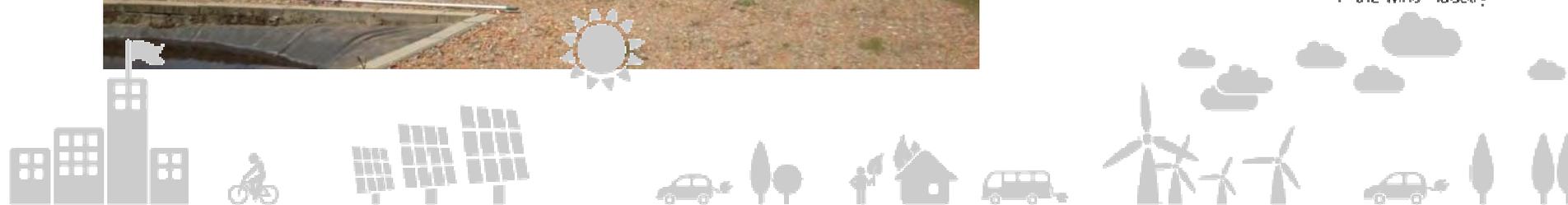
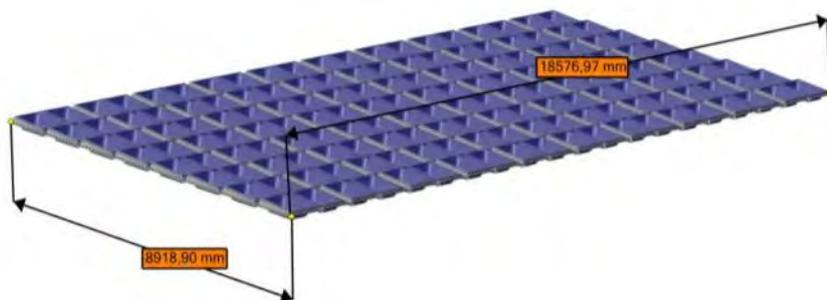


isi - floating



## Instalaciones y proyectos

### Proyectos en curso

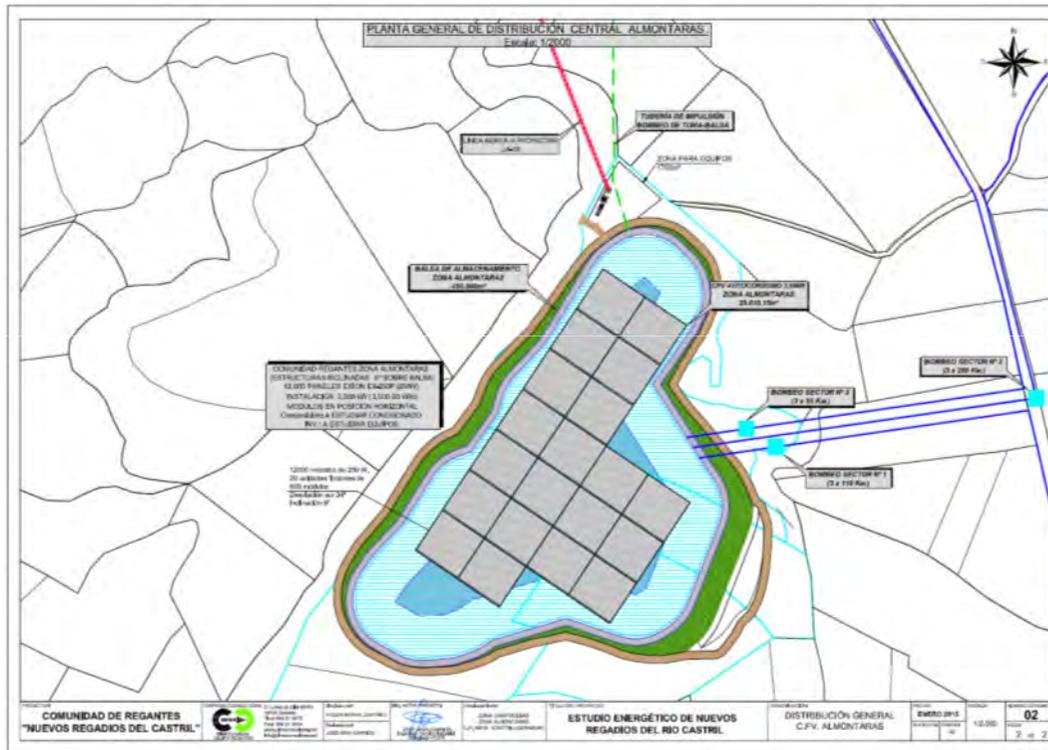






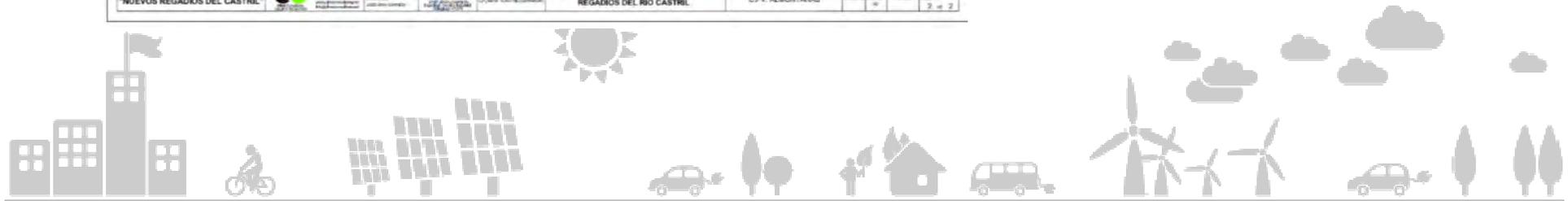
## Instalaciones y proyectos

### Proyectos en curso



# isi-floating

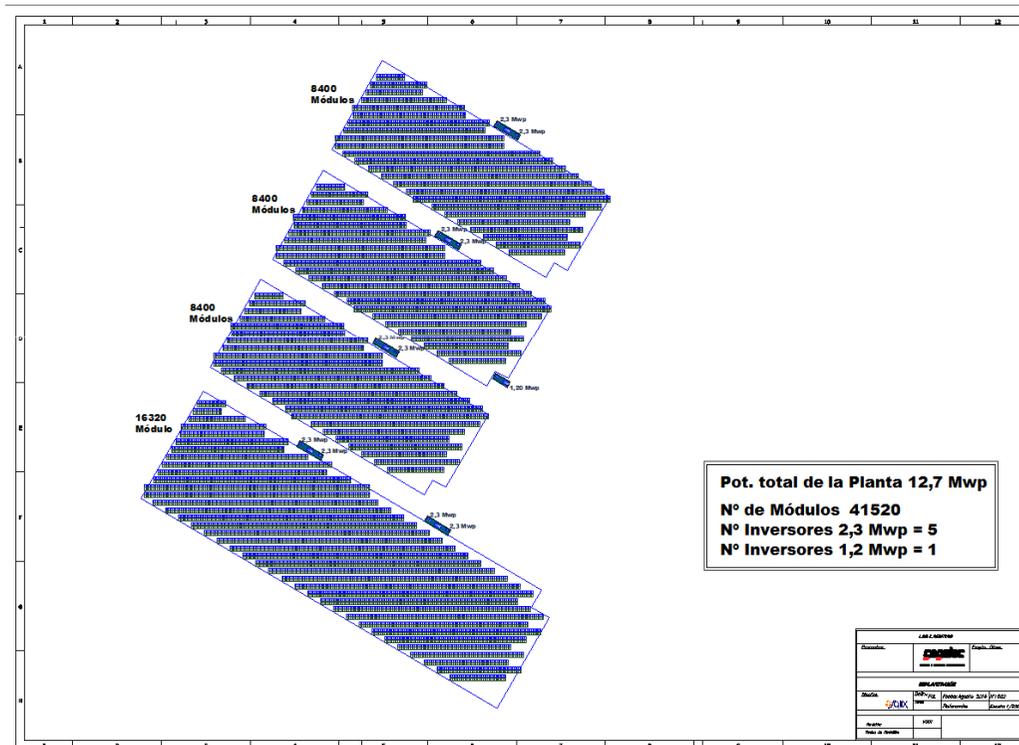
instalación 3 MW Granada  
30.000 m<sup>2</sup> de instalación  
bombes de comunidad de regantes





## Instalaciones y proyectos

### Proyectos en curso



# isi-floating

instalación 12 MW México  
explotación minera

