



Transformando el modelo tradicional de la energía solar en procesos industriales, haciéndolo competitivo en PYMEs



**Miguel Frasquet**

# Solatom en 1 minuto



Junio 2016

LANZADERA  
 Katapult  
Accelerator

2017

2018

2019



European Startup Award  
2017 (Climate)

CSIN  
(50% Solatom - 50% BECSA)



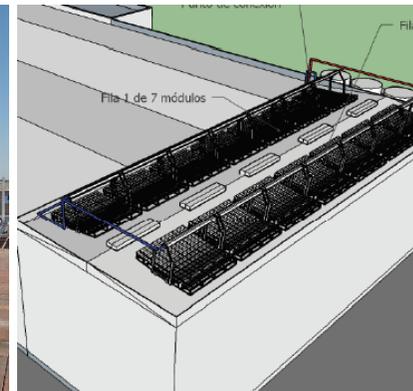
Dadelos (2017)



Margalida (2017)



UCIII (2018)



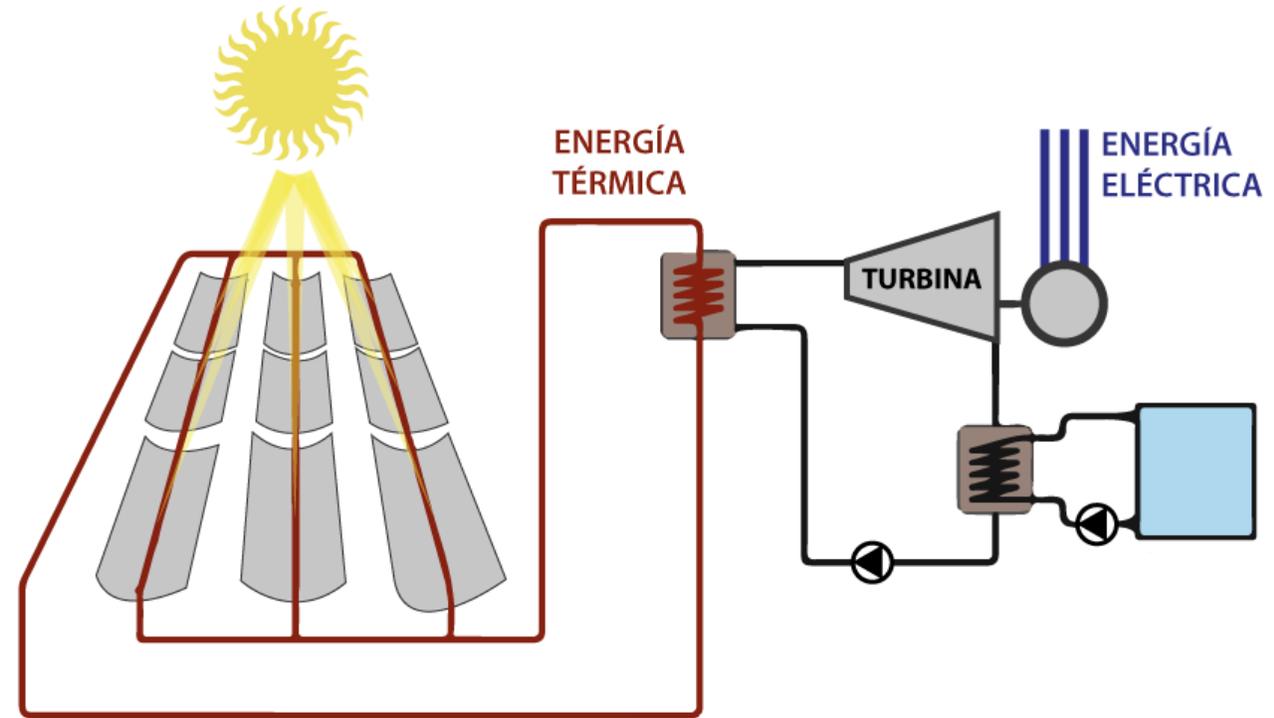
Luxeapers (2019)

# CSP vs Calor de proceso



Andasol .Fuente: Ferrostaal Solar

## Planta de CSP tradicional



# CSP vs Calor de proceso

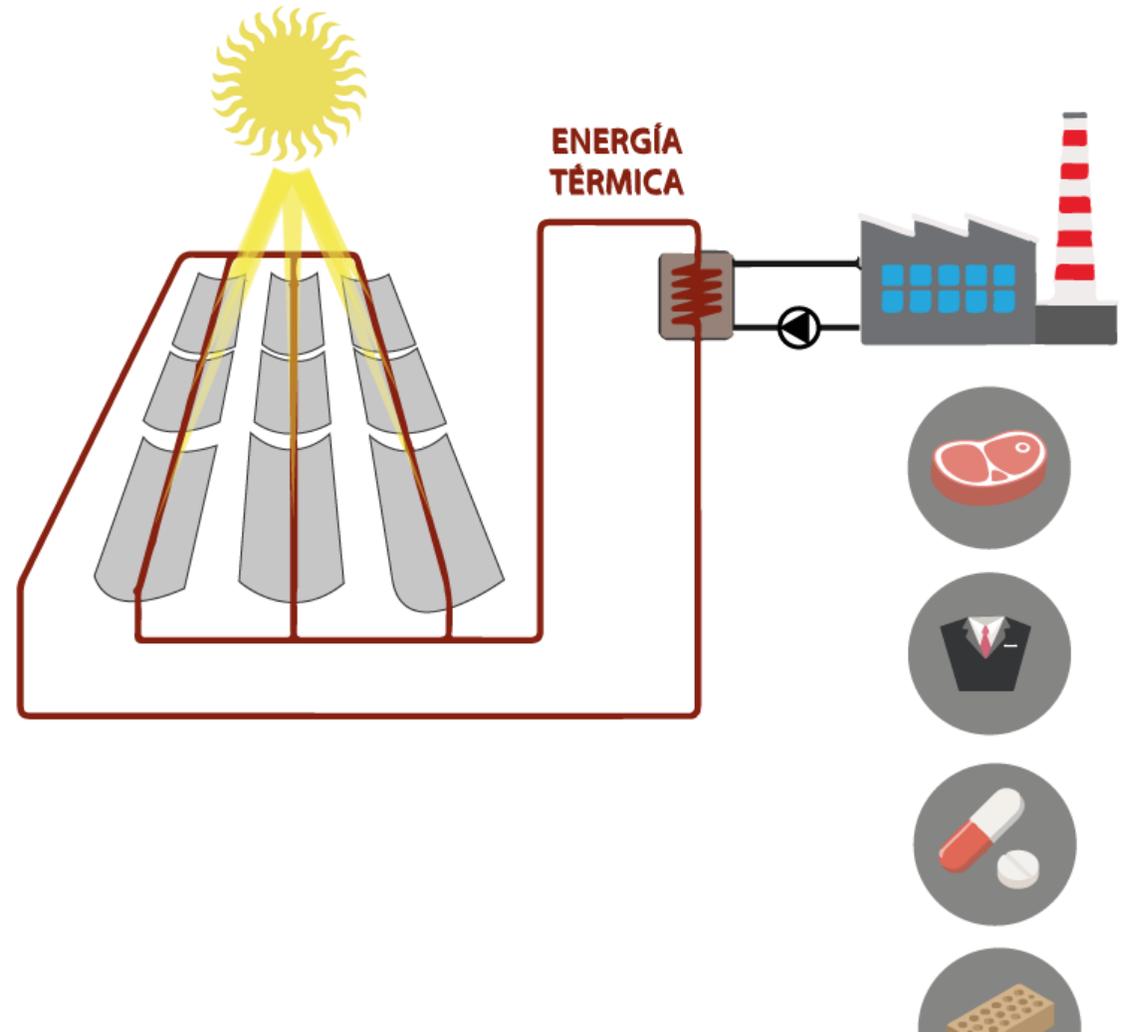


Proyecto Miraah. Fuente: Glasspoint



Minera "El Tesoro". Fuente: Abengoa

## Planta de Calor de Proceso



# Gran empresa vs PYME

## Gran empresa (ref: Embutidos Martinez)

Fábrica procesado cárnico  
(Valencia, España)



## PYME (ref: Mantecas Pons)



Consumo anual demanda térmica\*  
Superficie disponible\*

27,6 GWh  
12.400 m<sup>2</sup>

1,34 GWh  
1.790 m<sup>2</sup>

# Gran empresa vs PYME

## Gran empresa (ref: Embutidos Martinez)

Fábrica procesado cárnico  
(Valencia, España)



## PYME (ref: Mantecas Pons)



Consumo anual demanda térmica\*

27,6 GWh

1,34 GWh

Superficie disponible\*

12.400 m<sup>2</sup>

1.790 m<sup>2</sup>

**Precio combustible\***

< 0,02 €/kWh (GN)  
< 15 \$/kWh

0,059 €/kWh (Gasoil)  
< 46 \$/kWh

**Toma de decisiones\***

+3 agentes

1 agente (Dueño)

**Mercado\*\***

0,9%

99,1 %



# Principales **desafíos** en el mercado PYME

## Mercado

Mercado extremadamente **atomizado** (En España +3M)  
Muy difícil acceder a ellos

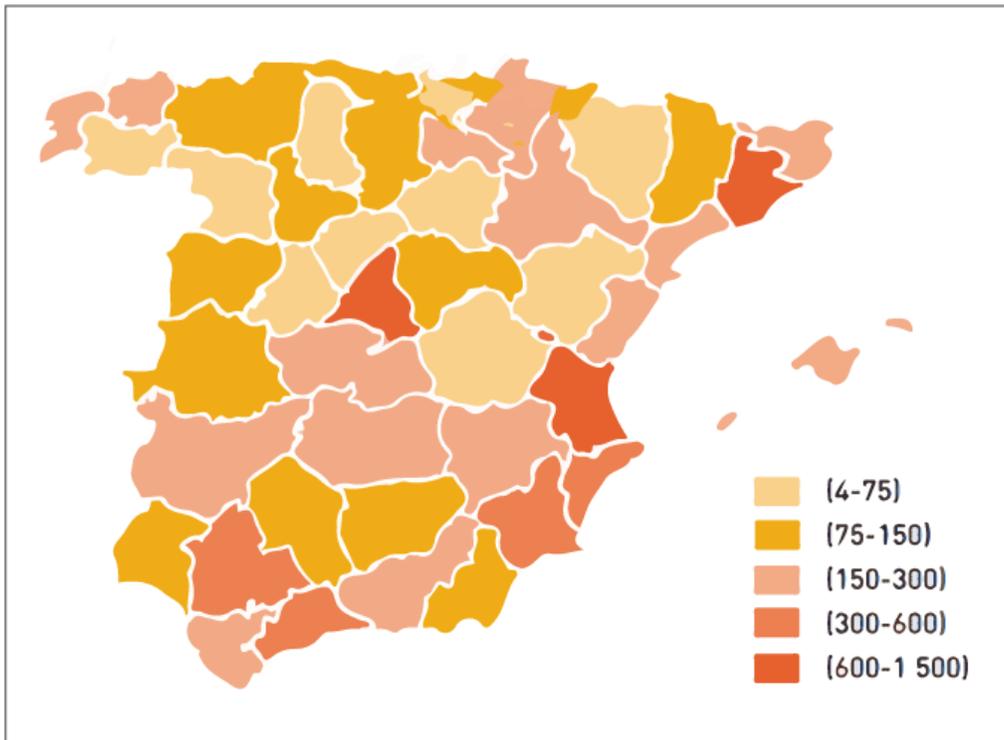
## Producto

En pequeños y medianos proyectos, los costes fijos  
**Desarrollo & Montaje** se hacen importantes

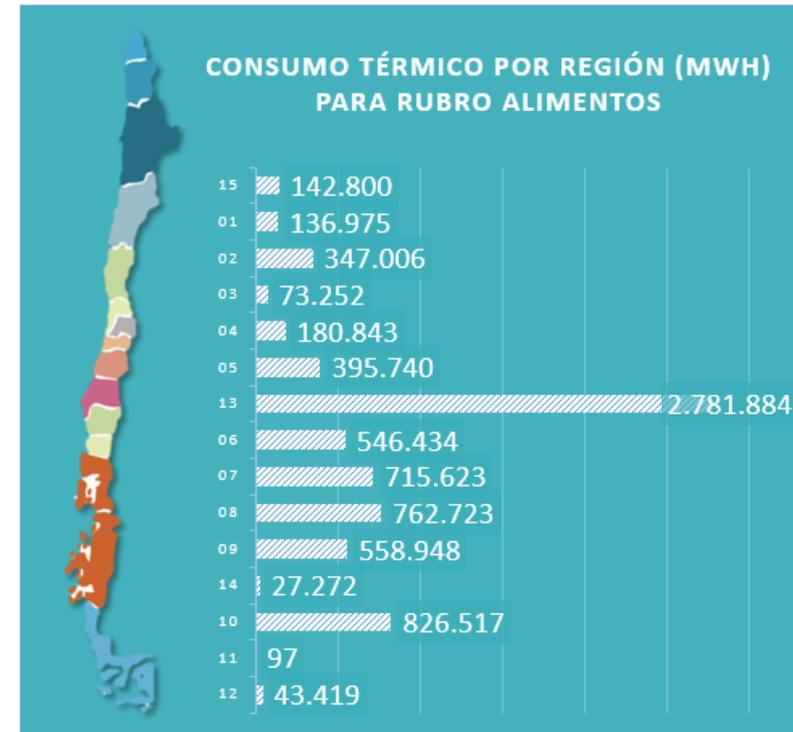
# Identificar el mercado

## Enfoque Tradicional

**36.8 GW**



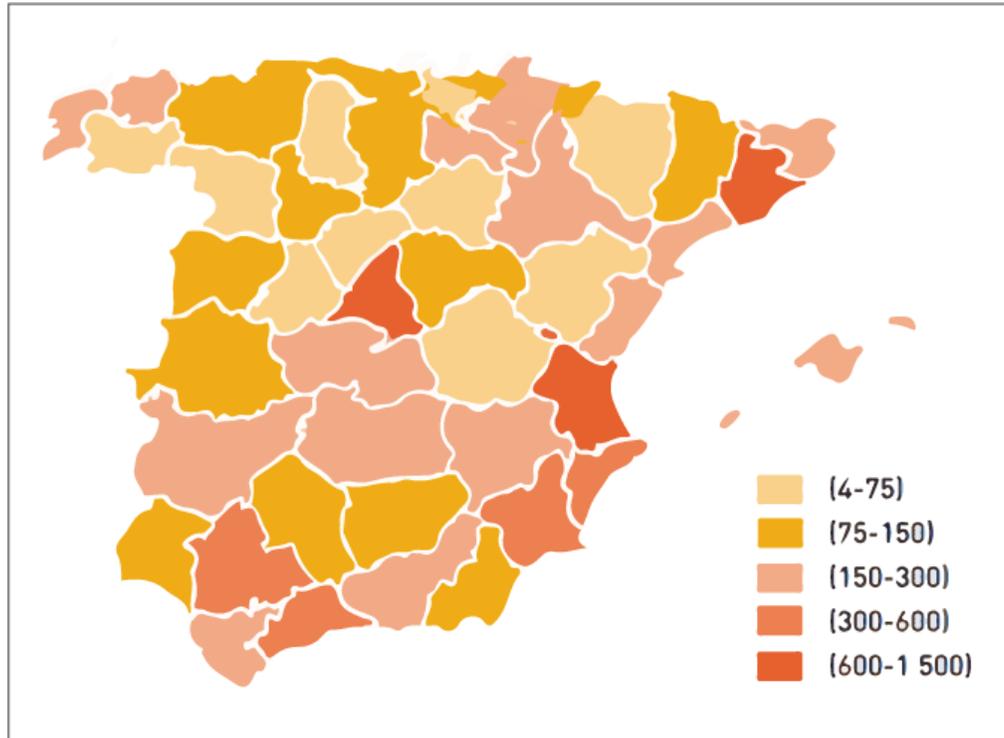
Direct Normal Irradiation (DNI)  
Chile Mainlands



# Identificar el **mercado**

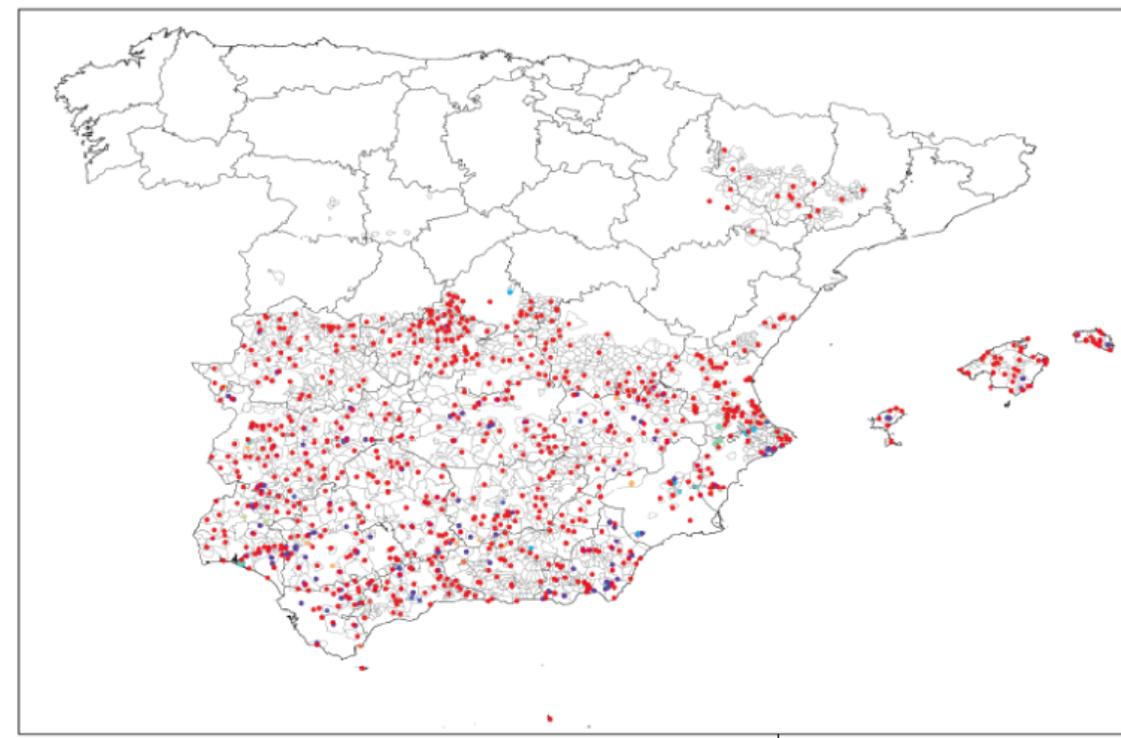
## Enfoque Tradicional

**36.8 GW** 

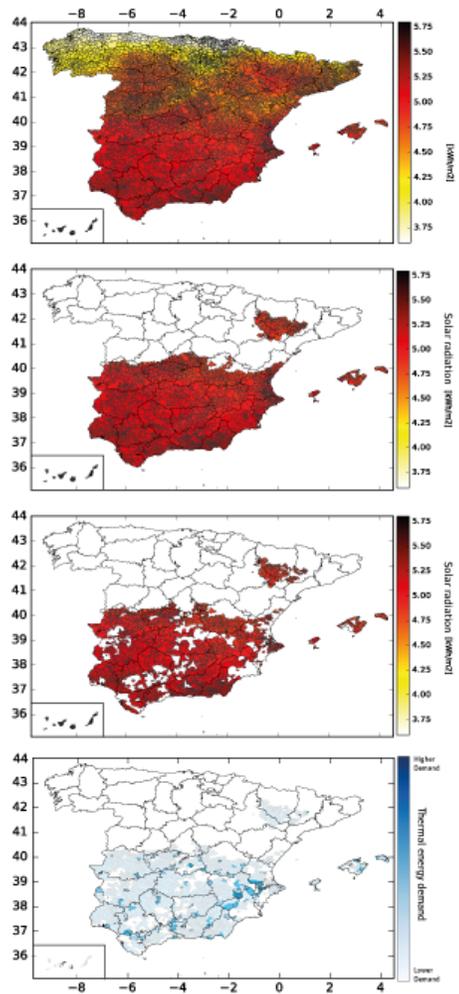


## Enfoque PYME

 **7.1 GW**



# Identificar el **mercado**



## PABLO - Probabilistic Algorithm for Better Lead acquisition

FASE 1 - Resolución a nivel municipio

$X = 8142$

Ejemplo Empresa Textil

100%

57%

43%

4,8%

$X' \subseteq X$

FASE 2 - Resolución a nivel industria

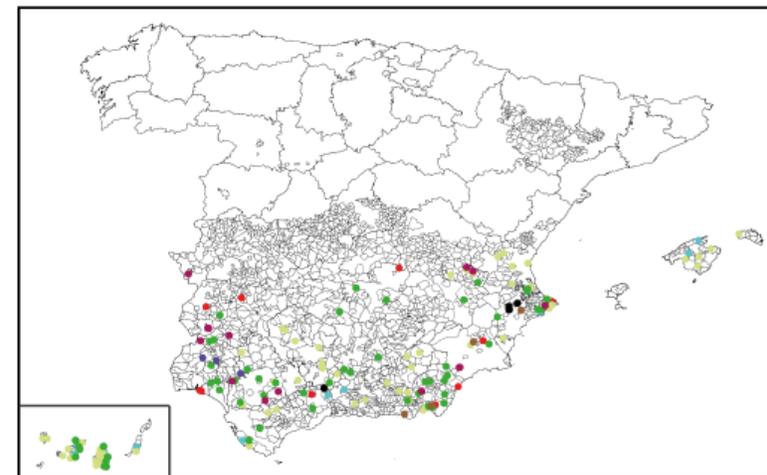
$Y_x$

100%

43%

26%

$y'_x$



- Mining (3)
- Chemical (14)
- Sewage TP (62)
- Laundries (21)
- Food&Bev (42)
- Agro (15)
- Textile (5)
- Paper (4)



# Selección del **área de interés**

## Resolución



**Provincia**

x 50

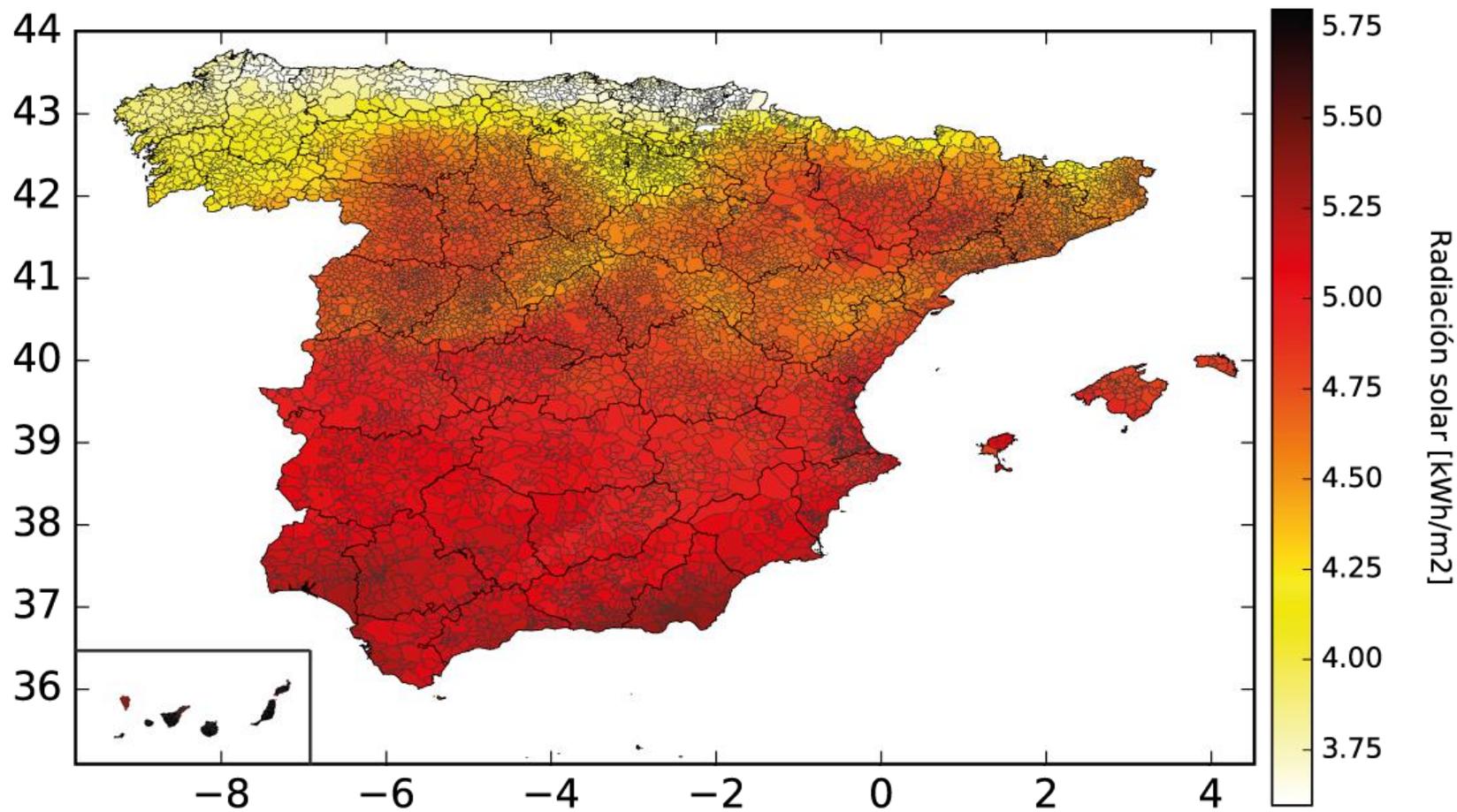
10.119 **km<sup>2</sup>**



**Municipio**

x 8.124

62 **km<sup>2</sup>**



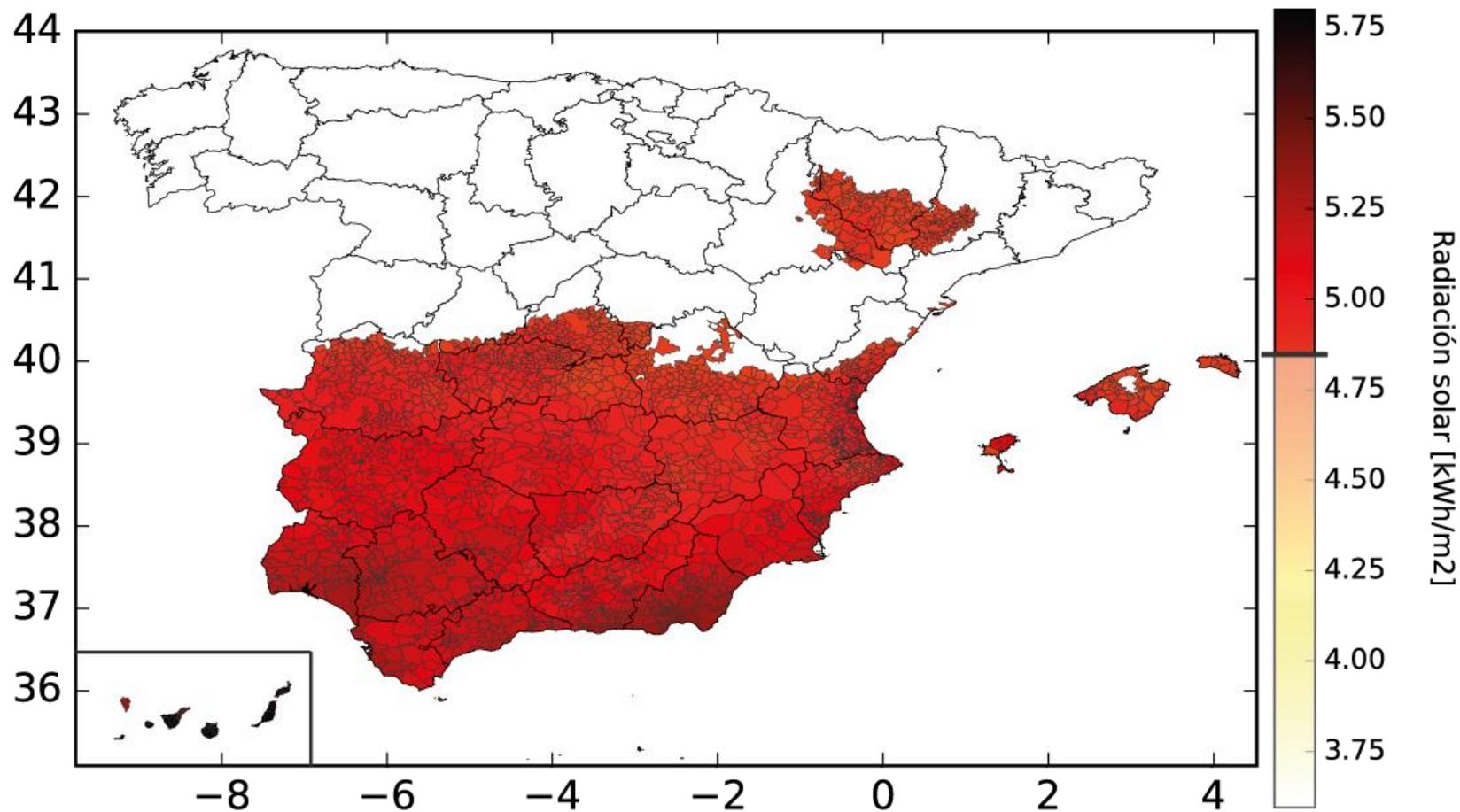


# Selección del **área de interés**

Fase 1



**Radiación**  
**>4,8 kWh/m<sup>2</sup>**





# Selección del **área de interés**

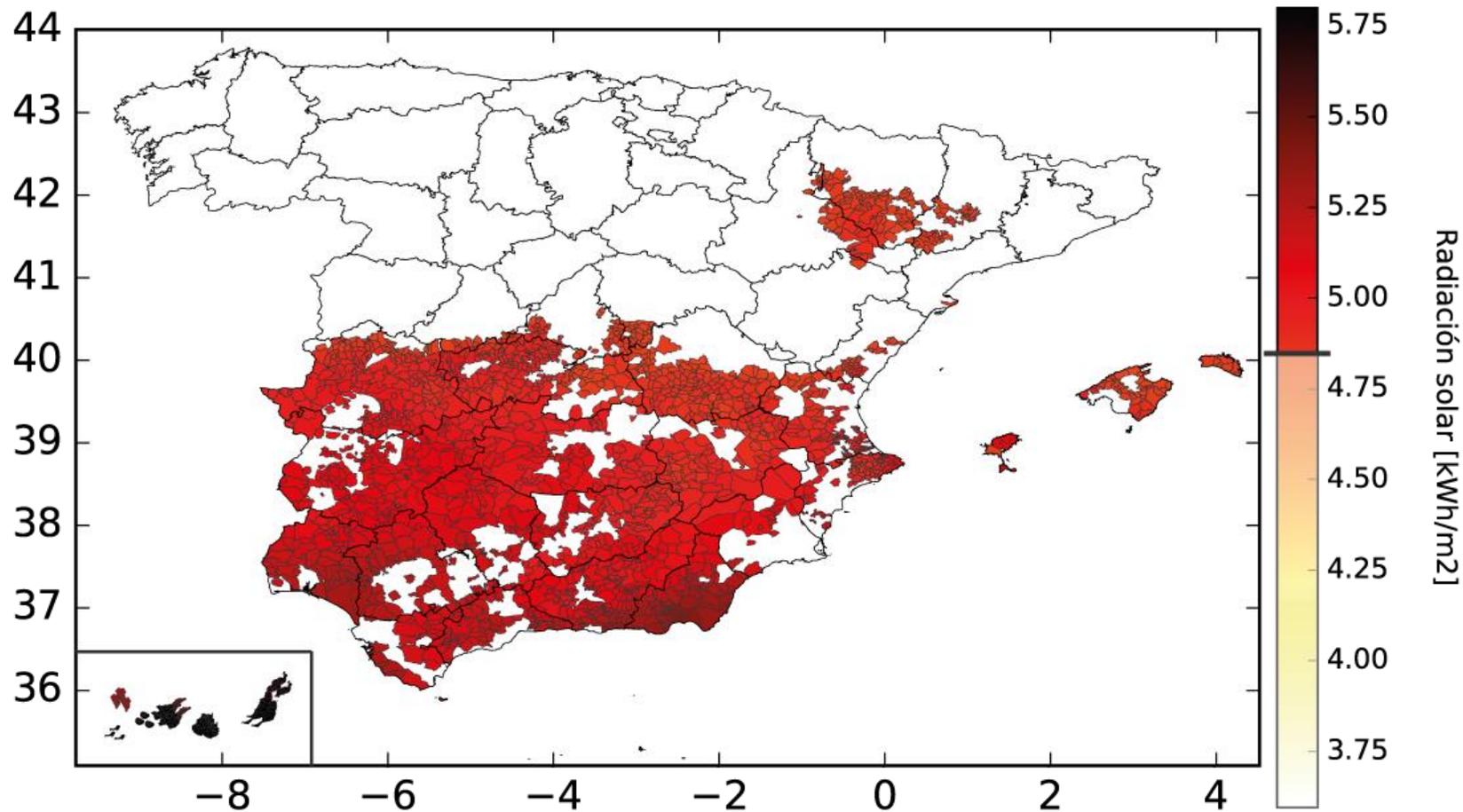
Fase 1



**Radiación**  
**>4,8 kWh/m<sup>2</sup>**



**Sin acceso a**  
**gas natural**





# Selección del **área de interés**

## Fase 1



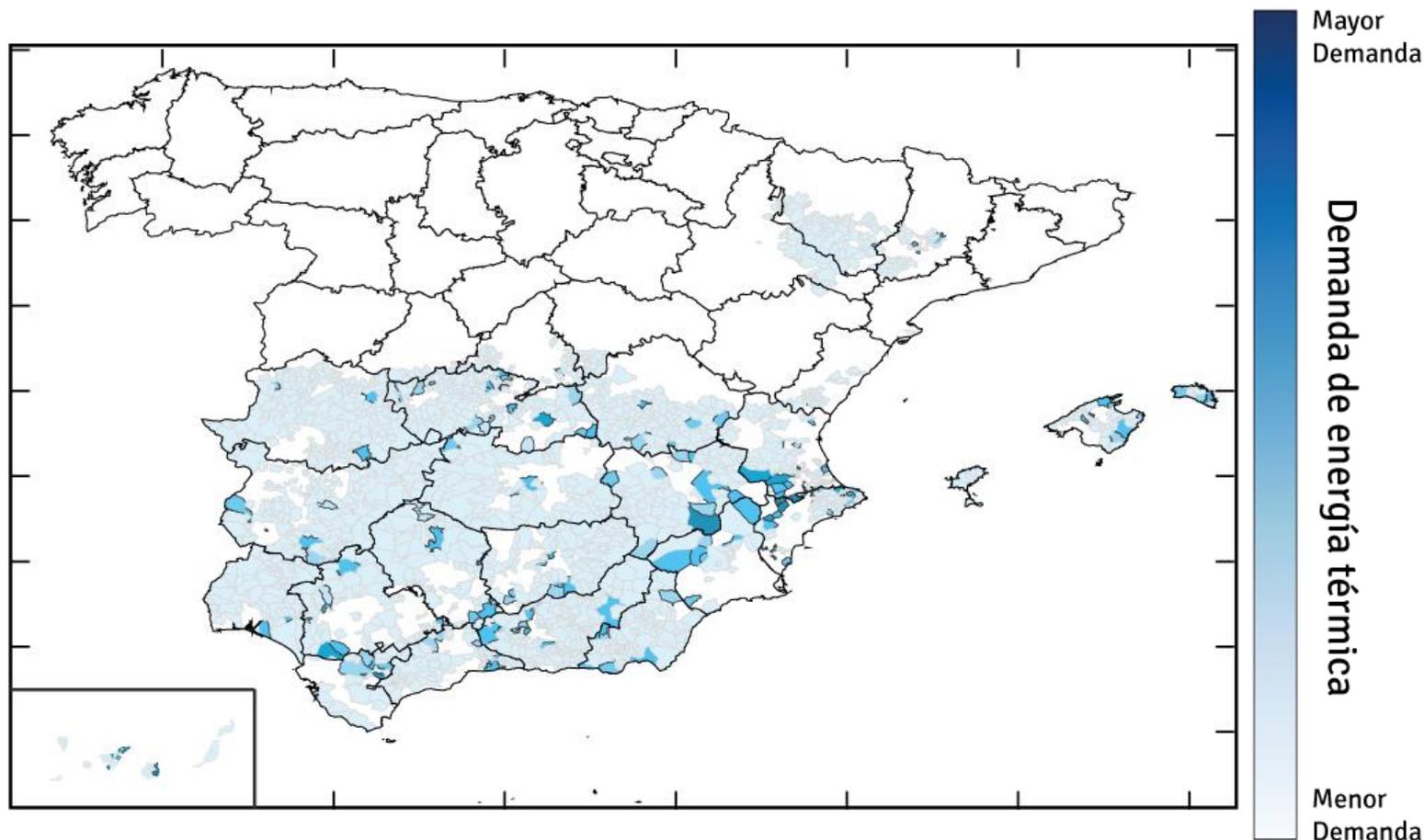
Radiación  
>4,8 kWh/m<sup>2</sup>



Sin acceso a  
gas natural



Con **consumo**  
**térmico** sector  
textil





# Selección del **área de interés**

## Fase 1



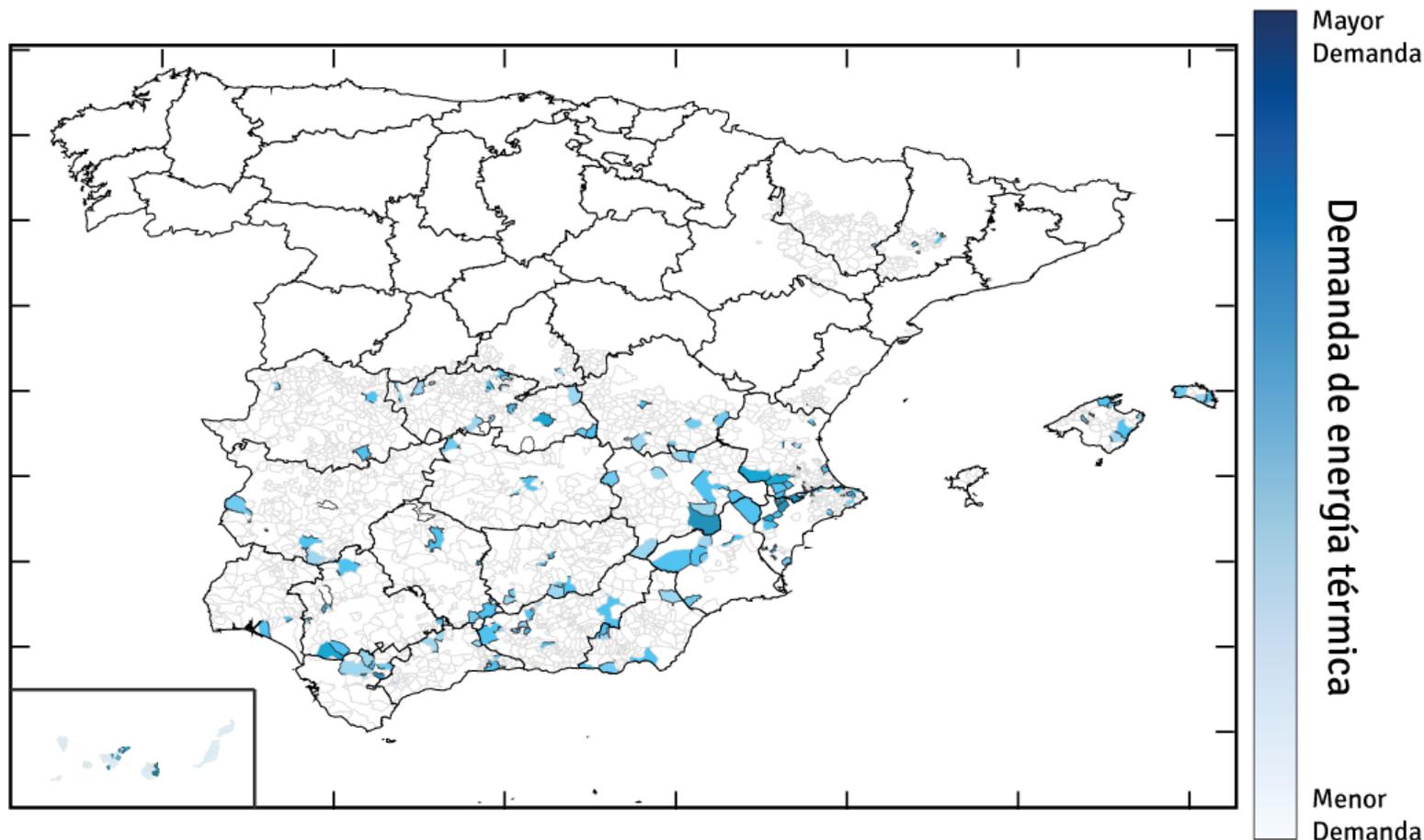
Radiación  
>4,8 kWh/m<sup>2</sup>



Sin acceso a  
gas natural



Con **consumo**  
**térmico** sector  
textil



396 municipios de 8124 - **4,8%**



# Selección de las **industrias**

## Fase 2



**Industrias  
municipios**



**Busqueda  
mejores  
candidatos**

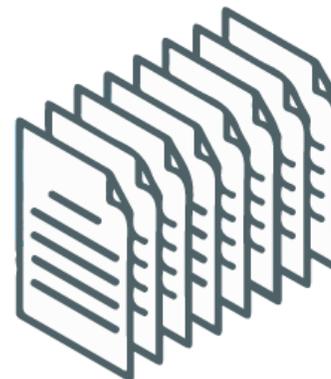


**Superficie  
disponible**

100%

Bases de datos:

**CNAE 4641**



65%

Palabras clave:

**Tintado tejidos  
Jet, autoclave**

Metadatos:

**ventas > 1.5M€  
personal > 15 personas**



50%

Google maps:

**Geolocalización  
Estimación superficie**





# Selección de las **industrias**

## Fase 3

### Obtención datos

Tintado tejidos  
Jet, autoclave  
ventas > 1.5M€  
personal  
> 15 personas

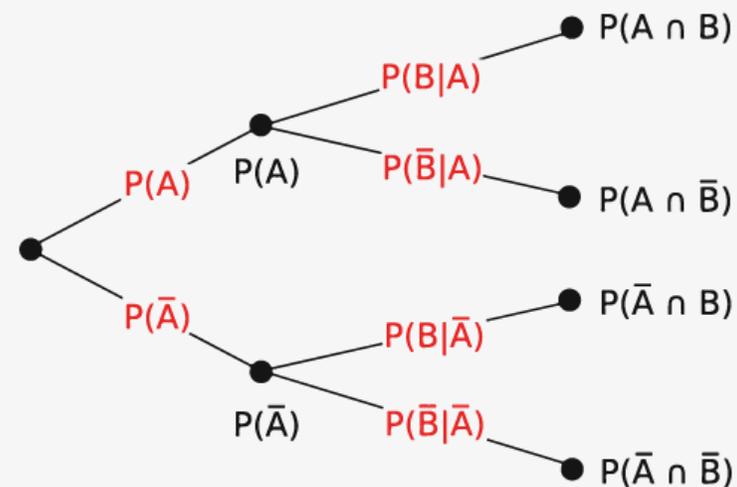
### Generación hipótesis

Demanda constante  
Vapor 6 bar saturado  
Consumo anual reducido  
1.2 GWh  
Fin semana no demanda  
2 turnos

### Generación probabilidades

95%  
82%  
31%  
46%

### Arbol clasificación



# Diseminación de **resultados**

Listado de **empresas con alto potencial**

Grupo 1: >60% 3-5 años retorno

Grupo 2: No Grupo 1 + >65% 5-7 años retorno

Grupo 2b: No Grupo 2 + >40% 5-7 años retorno



## Who is who

Estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura



## Who is who (II)

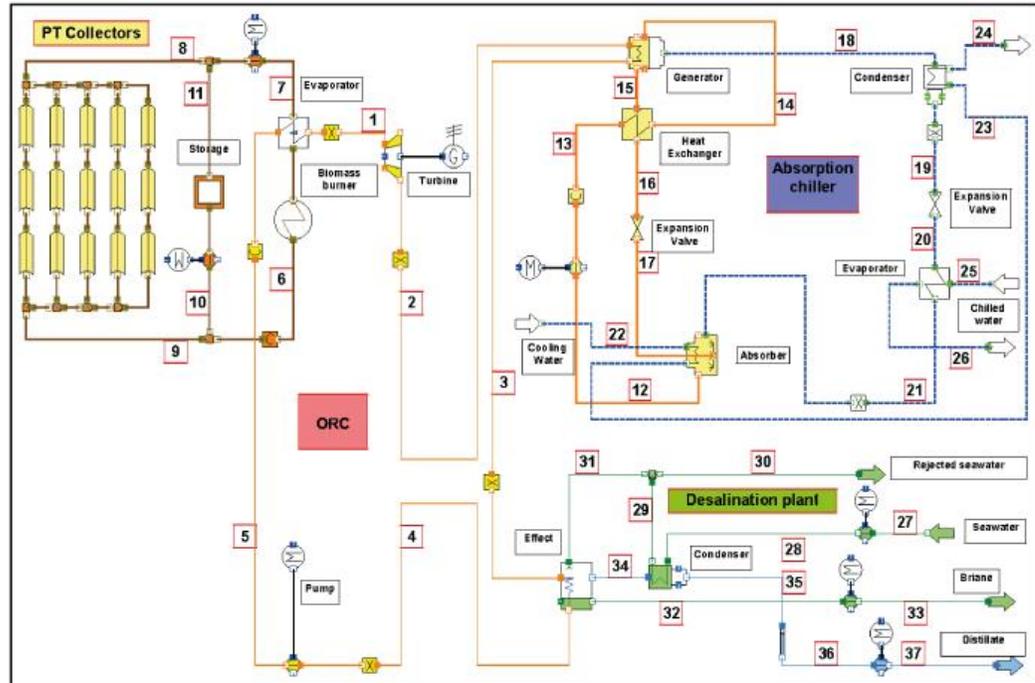
Segundo estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura



# Viabilidad de los proyectos

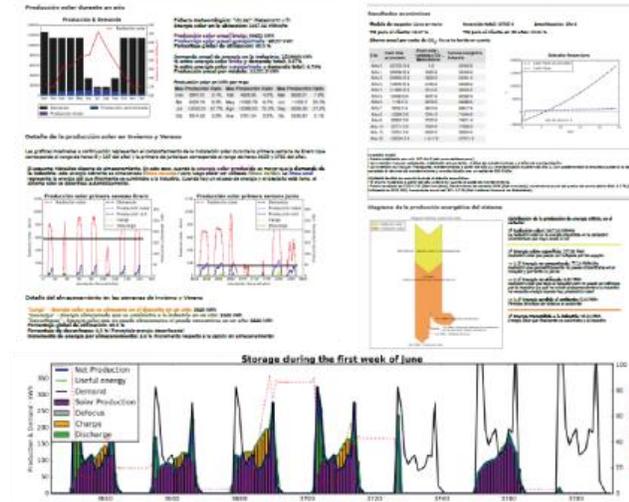
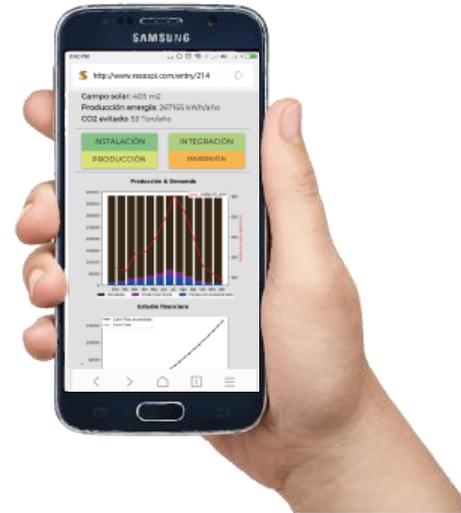
## Enfoque Gran Industria

>4200 € 2 semanas



## Enfoque PYME

Gratis 30 segundos



# Simulador solar para procesos industriales

**ReSPI**  
www.ressspi.com

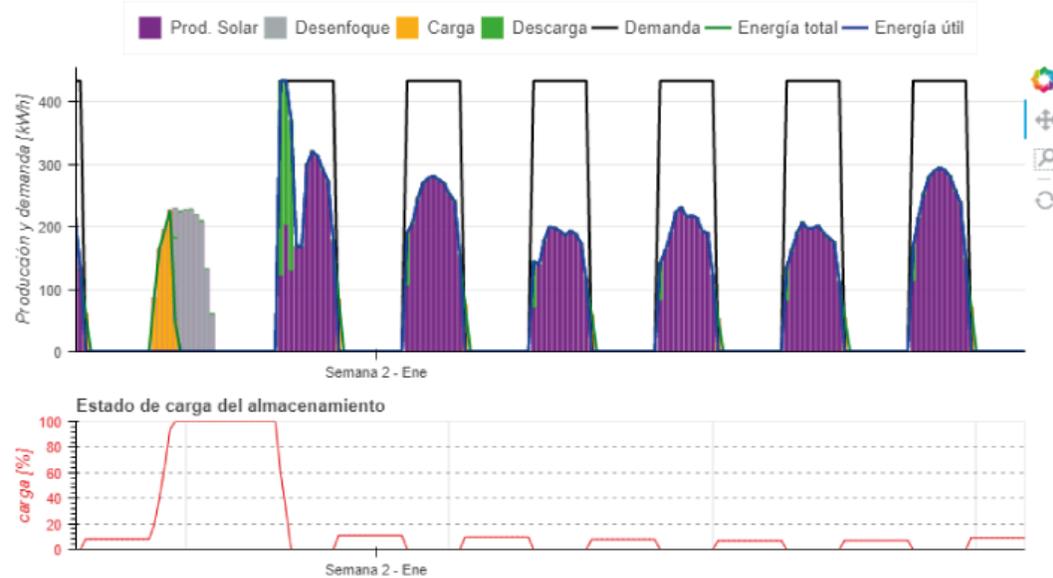


Calculadora online de libre acceso

Python 3

<https://github.com/mfrasquet>

57 usuarios / 12 países  
995 simulaciones



**WWW.RESSSPI.COM**



# Versión operativa de RESSPI

La instalación solar está formada por un número determinado de colectores, agrupados en filas. En las filas los colectores se unen en serie. Las series se conectan en paralelo. El número de colectores por fila se ha diseñado para que en una fila se alcance el salto de temperatura de diseño (42.5 ºC). El número de filas depende de la demanda de energía de la Industria.

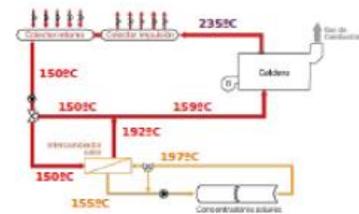


Colector simulado: SOLATOM (Ref: www.solatom.com)  
Tipo de óptica: Fresnel lineal  
Peso del captador: 900 kg/módulo (25kg/m<sup>2</sup>)

nº total de colectores: 24 (superficie total de 1080 m<sup>2</sup>)  
Disposición: (6x4) 4 colectores en serie en 6 filas  
Tipo de ubicación: Cubierta  
Cimentación: No necesaria

Monitorización y registro de datos: incluida (online)  
Mantenimiento requerido: Se aconseja la limpieza de los espejos 1 vez al mes.

## Esquema de conexión



Esquema de conexión: "SL\_L\_RF"  
[Ref: IEA SHC Task 49 - Integration Guideline - Feb 2015]

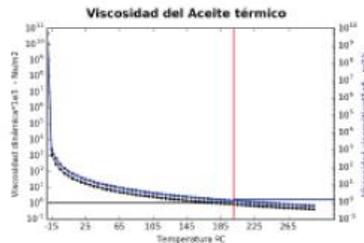
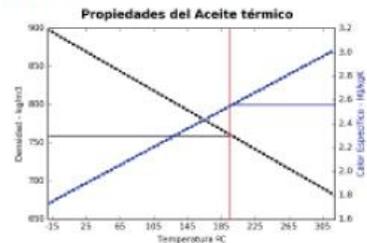
Descripción: El sistema solar calienta un fluido que sirve para aumentar la temperatura del retorno a caldera. De esta forma se consigue que la caldera reduzca su consumo ya que el salto térmico que necesita proporcionar es menor.

Almacenamiento: Sin almacenamiento  
Volumen de almacenamiento: 0 litros  
Capacidad del almacenamiento: 0 kWh  
Temperatura almacenamiento: 0 ºC

Valores de caudal por serie de 4 colectores  
Media: 0.44 kg/s Max: 1.09 kg/s Rango: 1.01 kg/s Std: 0.18 kg/s

## Propiedades del fluido en diseño: Aceite térmico

Descripción: Todo el circuito está en fase líquida, no existe evaporación de ningún tipo. A la entrada del sistema solar entra fluido líquido a 155°C y se calienta hasta 197°C. Este fluido calienta el circuito de aceite que al mezclarse con el caudal principal, aumenta la temperatura de este. La temperatura media a lo largo del año de la mezcla es de 159°C. Este fluido precalentado se conduce a la caldera quien le da el salto térmico definitivo hasta 235°C. El sistema consigue reducir el salto térmico que necesitaba aportar la caldera en un 10.7%.



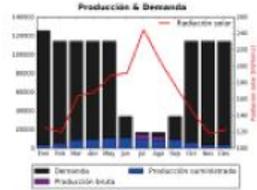
## Resultados RESSPI

- Información campo solar
- Esquema de integración
- Propiedades de fluido



# Versión operativa de RESSPI

## Producción solar durante un año



**Fichero meteorológico:** "VLCR" (Meteorom v.21)  
**Energía solar en la ubicación:** 1967.52 kWh/año  
**Producción solar anual bruta:** 99603 kWh  
**Producción solar anual suministrada:** 46157 kWh  
**Porcentaje global de utilización:** 46.3 %

**Demanda anual de energía en la industria:** 1020669 kWh  
**% entre energía solar bruta y demanda total:** 9.77%  
**% entre energía solar suministrada y demanda total:** 4.51%  
**Producción actual por módulo:** 3325.0 kWh

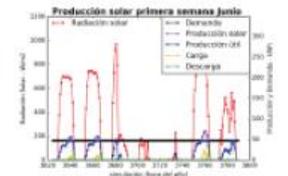
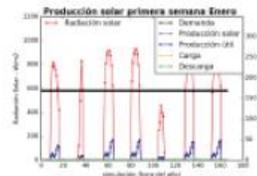
**Producción solar en kWh por mes:**

| Mes | Producción (kWh) | Mes   | Producción (kWh) | Mes      | Producción (kWh) |
|-----|------------------|-------|------------------|----------|------------------|
| Ene | 3047.21          | 3.1%  | Feb              | 4325.25  | 4.3%             |
| Mar | 3022.21          | 3.0%  | Abr              | 3025.74  | 3.0%             |
| May | 11021.75         | 11.0% | Jun              | 11022.0  | 11.0%            |
| Jul | 15022.0          | 15.0% | Ago              | 10295.05 | 10.3%            |
| Sep | 3025.25          | 3.0%  | Oct              | 3214.55  | 3.2%             |
| Nov | 3211.54          | 3.2%  | Dic              | 3245.87  | 3.2%             |

## Detalle de la producción solar en Invierno y Verano

Los gráficos muestran a continuación representando el comportamiento de la instalación solar durante la primera semana de Enero (que corresponde al rango de horas 0 y 167 del año) y la primera de Julio (que corresponde al rango de horas 3630 y 3791 del año).

El esquema técnico dispone de almacenamiento. En este caso, cuando la energía solar producida es mayor que la demanda de la industria, esta energía sobrante se almacena (línea naranja) para luego poder ser utilizada (línea verde). La línea azul representa la energía (GJ) que finalmente se suministra a la industria. Cuando hay un exceso de energía y el depósito está lleno, el sistema solar se desactiva automáticamente.



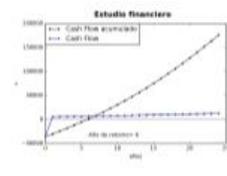
## Detalle del almacenamiento en las semanas de Invierno y Verano

**"Carga"** - Energía solar que se almacena en el depósito en un año: 3846 kWh  
**"Descarga"** - Energía almacenada que se suministra a la industria en un año: 3446 kWh  
**"Desenfoco"** - Energía solar que no puede almacenarse ni puede consumirse en un año: 6446 kWh  
**Porcentaje global de utilización:** 46.5 %  
**Porcentaje de desenfoco:** 6.5 % (Porcentaje energía desenfocada)  
**Incremento de energía por almacenamiento:** 4.6 % (Incremento respecto a la opción sin almacenamiento)

## Resultados económicos

**Módulo de negocio:** Unos en mano      **Inversión total:** 35700 €      **Amortización (año 6)**  
**Tiempo para el cliente:** 16.97 %      **Tiempo para el cliente en 10 años:** 10.61 %  
**Ahorro anual por costo de CO<sub>2</sub>:** No se ha tenido en cuenta

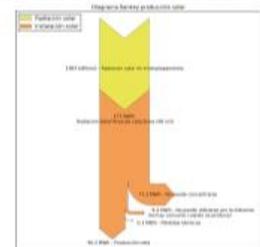
| Año    | Cash flow acumulado | Ahorro solar - costes (GJ) Mejorados | Factura energética bruta |
|--------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Año 1  | 35700.0 €           | 0 €                                  | 30460 €                  |
| Año 2  | 35700.0 €           | 1020 €                               | 30460 €                  |
| Año 3  | 34680.0 €           | 3060 €                               | 30460 €                  |
| Año 4  | 10200.0 €           | 5100 €                               | 30300 €                  |
| Año 5  | 11684.0 €           | 7140 €                               | 30300 €                  |
| Año 6  | 142.0 €             | 9180 €                               | 30300 €                  |
| Año 7  | 892.0 €             | 11220 €                              | 30170 €                  |
| Año 8  | 1684.0 €            | 13260 €                              | 29840 €                  |
| Año 9  | 2587.0 €            | 15300 €                              | 29270 €                  |
| Año 10 | 3571.0 €            | 17340 €                              | 27680 €                  |
| Año 11 | 4655.0 €            | 19380 €                              | 25940 €                  |
| Año 12 | 5839.0 €            | 21420 €                              | 24070 €                  |



**Inversión inicial:**  
 - Precio instalado por m<sup>2</sup>: 300 €/m<sup>2</sup> (por una potencia de 1000 Wp/m<sup>2</sup>)  
 - Se muestra incluido transporte, instalación y conexión a la red de distribución y a la red de mantenimiento.  
 - Se muestra de origen "Incluyendo mantenimiento y gastos por I+D+i y almacenamiento a partir del año 4. Con particularidad la energía producida o la energía suministrada al sistema de almacenamiento y mantenimiento con un coste de 800 €/kWh.

**Alquileres recibidos en un año durante el estudio de viabilidad:**  
 - Se muestra incluido y por año a lo largo de un periodo de 20 años de mantenimiento.  
 - Precio recibido en GJ (100 GJ) (100 toneladas). Rentabilidad en alquiler: 80% (100 toneladas). Incremento anual del precio de suministro GJ: 3.5 % (100 toneladas) (100 GJ). Incremento anual del GJ: 3.5 % (100 toneladas) (100 toneladas).

## Diagrama de la producción energética del sistema



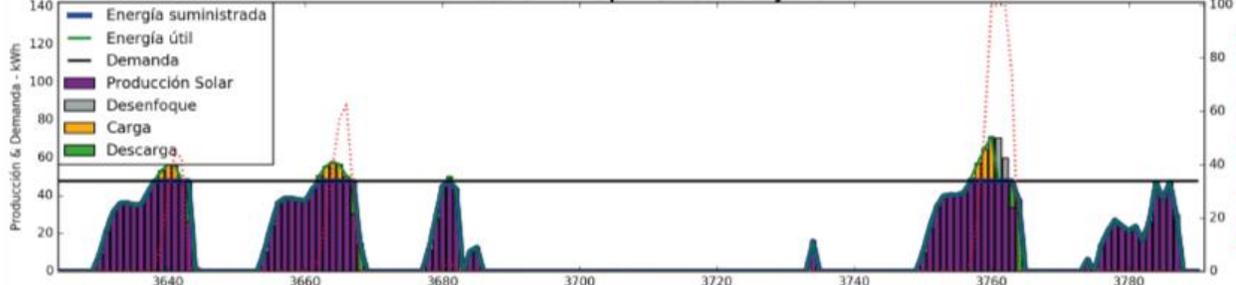
**Distribución de la producción de energía ANUAL en el sistema:**

- 1ª Producción solar: 1967.52 kWh/año  
 La producción solar se almacena en el depósito de almacenamiento que luego desde el año 4.
- 2ª Energía solar almacenada: 3846 kWh  
 Producción solar que puede ser reflejada por los espejos.  
 -> 3.5% energía no consumida: 135 kWh/año  
 Almacenamiento que puede almacenarse en el receptor y por tanto se planta.
- 3ª Energía no utilizada: 6446 kWh  
 Producción solar que llega al receptor pero no puede ser utilizada por la industria (y que no está almacenada en el depósito ni tampoco energía almacenada por producción solar).
- 4ª Energía perdida al ambiente: 0.15 kWh/año  
 Pérdida térmica del sistema al ambiente.
- 5ª Energía transmitida a la industria: 46157 kWh  
 Energía solar que finalmente se suministra a la industria.

# Resultados RESSPI (II)

- Información producción solar
- Comportamiento almacenamiento
- Resultados económicos
- Diagrama Sankey producción

## Almacenamiento primera semana Junio





# Funcionamiento de **Ressspi**

## Simulación manual (usuario experto)

## Simulación automática

Datos de la **industria** (Ubicación, coste energía, tipo de proceso...)

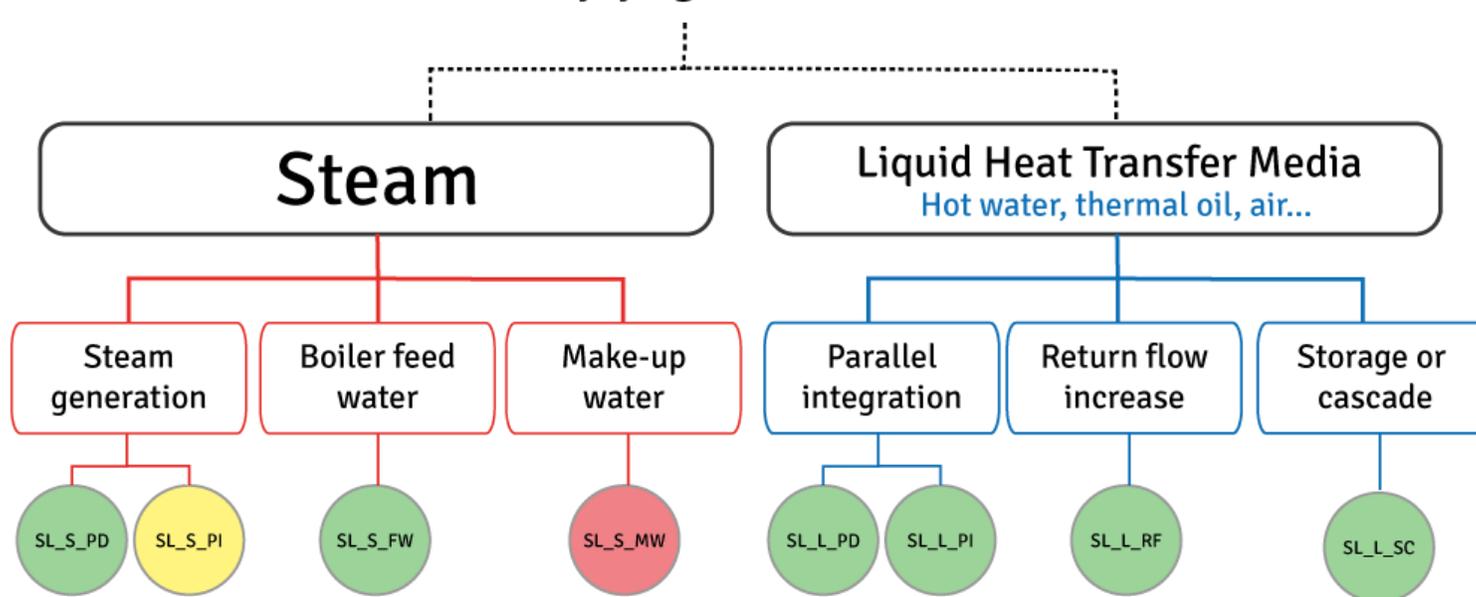
### Datos de **diseño planta**

Tamaño de campo solar  
Tamaño almacenamiento  
Tio de integración

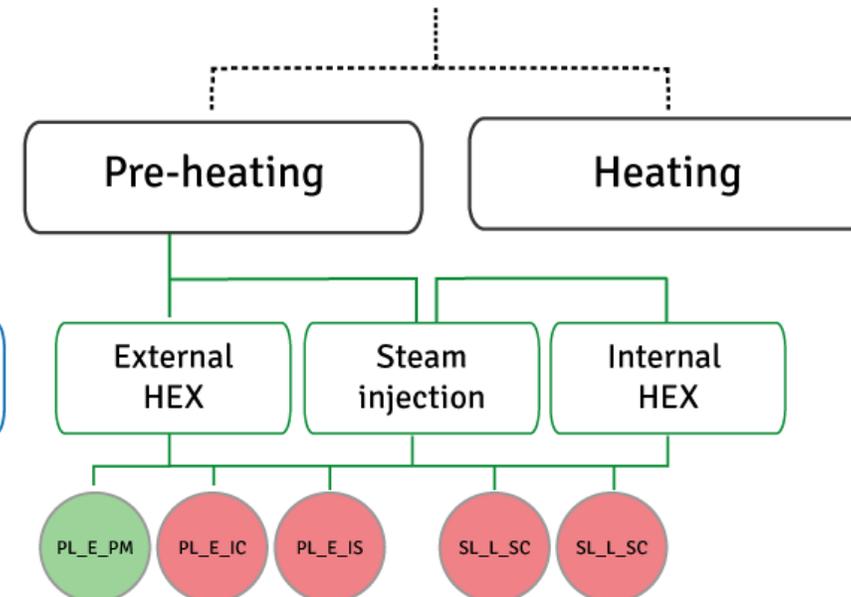
Diseño de planta automático  
(Algoritmo optimización)



## Supply level



## Process level





# Adaptando el diseño CSP para PYMEs

## Enfoque Gran Industria

### Construcción in-situ ad-hoc



ref: Soltigua 2014 - InSun project

## Enfoque PYME



### Modulos estandar pre-ensamblados





# Adaptando el diseño CSP para PYMEs

## Modelo FL-20 diseñado para proyectos en PYMEs



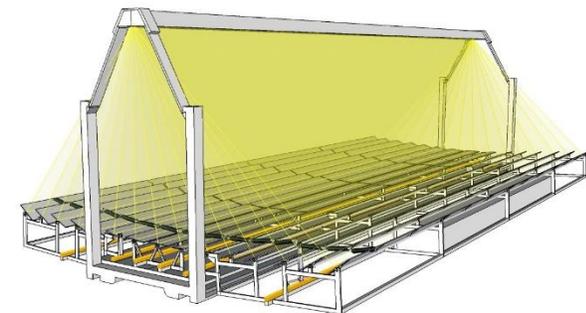
Sin cimentación / preparación terreno



Auto-calibrado



Listo para conectar en **1 hora**



Un **listado** de PYMEs con un **elevado potencial**,  
para el uso de esta tecnología



Una **herramienta** gratuita para el **cálculo de viabilidad**,  
[www.ressspi.com](http://www.ressspi.com)



Una **tecnología** adaptada al tamaño de  
proyectos en **PYMEs**



El papel de las **PYMEs** es fundamental para el **calor solar de proceso**

El papel de las **PYMEs** es fundamental para el **calor solar de proceso**



Herramientas de simulación accesibles  
Listado de PYMEs con potencial  
Creación plataforma tecnológica



Muchas gracias



Miguel Frasset Herraiz



[miguel.frasquet@solatom.com](mailto:miguel.frasquet@solatom.com)



<https://es.linkedin.com/in/miguel-frasquet-energy>



[mfrasquet](https://github.com/mfrasquet)



[www.calorsolar.es](http://www.calorsolar.es)