INSHIP

EUROPEAN COMMON
RESEARCH AND INNOVATION AGENDA

Horizon 2020
European Union funding
for Research & Innovation

INSHIP-WP3

Tecnología y aplicaciones SHIP de media temperatura (150°C-400°C)

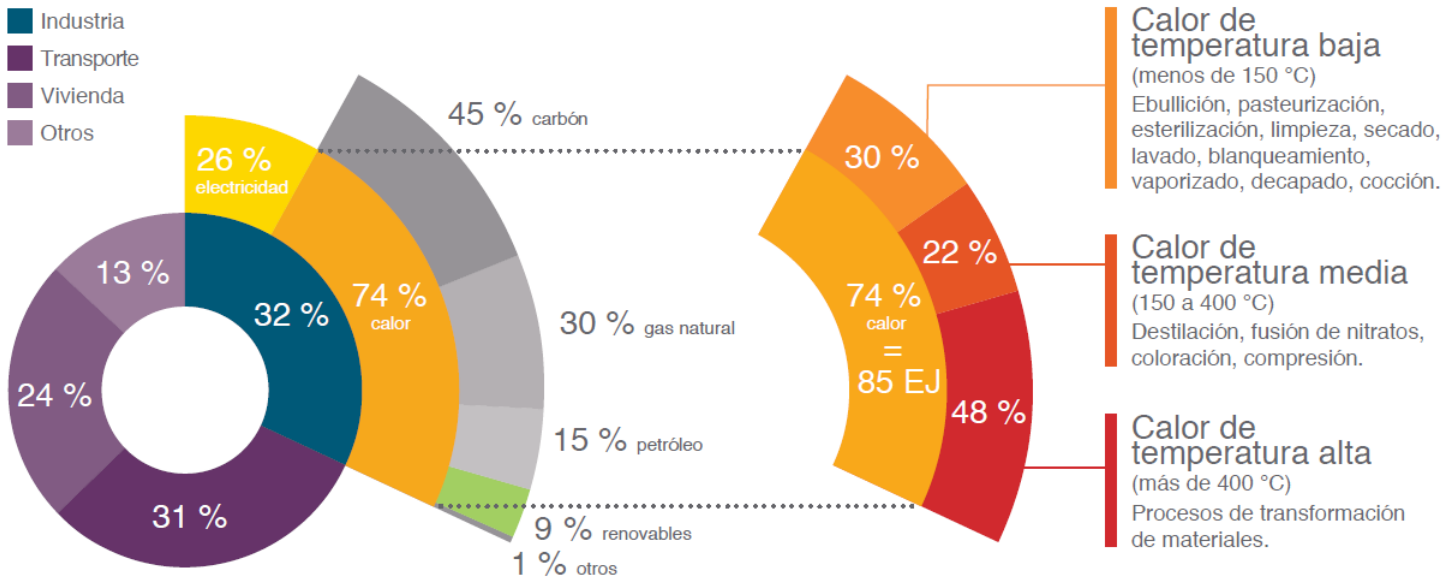
CIEMAT – Plataforma Solar de Almería

Mario Biencinto – mario.biencinto@ciemat.es

Workshop Nacional [España] – 17 Septiembre 2019

Demanda de calor industrial por temperaturas

¿Qué proporción del calor industrial corresponde a media T?

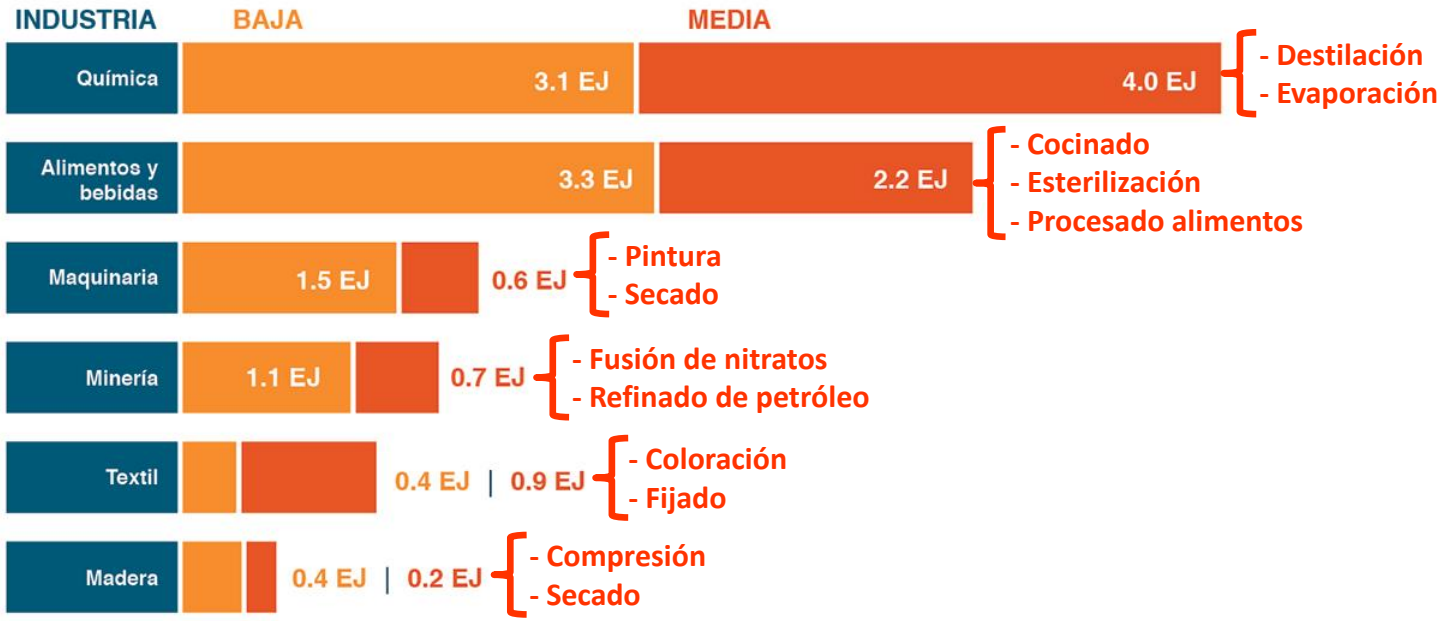


Fuente: solar-payback.com

- El consumo final de **energía térmica** en el sector industrial es **mayor** que el consumo de **electricidad** a nivel mundial. Sin embargo, se habla mucho más de la electricidad.
- La proporción de energía térmica suministrada mediante **fuentes renovables** es aún **muy escasa** (9%), por lo que existe un **gran potencial**.

Demanda por sectores y procesos

¿Qué sectores y procesos industriales requieren calor de media T?



Fuente: solar-payback.com

Una gran parte de esos procesos (40-60%) requieren aporte de calor en forma de **vapor**, en condiciones compatibles con **tecnologías termosolares**, con o sin concentración.

Tecnologías media temperatura (150°C-400°C)

¿Qué tecnologías son más apropiadas?

- Existen varios tipos de tecnologías para producir calor a partir de la radiación solar.
- Para aplicaciones de **media temperatura** (150 °C – 400 °C), las más apropiadas son las de **baja** o **media concentración solar** (C < 100).
- Si T < 200 °C también pueden considerarse opciones sin concentración (como captadores de placa plana o tubo evacuado).
- Existen diversas opciones y configuraciones de diseño, dependiendo de la **temperatura** del proceso, requerimientos de **almacenamiento** y de **integración**.

Sistemas Cilindroparabólicos

Sistemas Lineales Fresnel

Sistemas CPC

Sistemas de Reflector Fijo

Objetivos WP3 INSHIP

¿Qué retos se plantean en el WP3 del proyecto INSHIP?

Soluciones tecnológicas

- Facilitar la generación de **vapor solar**, directo (DSG) o indirecto (ISG)
- Desarrollo de conceptos modulares y estándar para **BOP**
- Nuevos **captadores** y soluciones adaptadas a la industria, para espacios reducidos

Costes y fiabilidad

- Mejorar la **fiabilidad** y **durabilidad** de las soluciones tecnológicas para media temp.
- Estudiar la **degradación** de componentes solares en entornos industriales
- Reducir **costes** de **O&M** y de **energía** (LCOH)

Impulso industrial

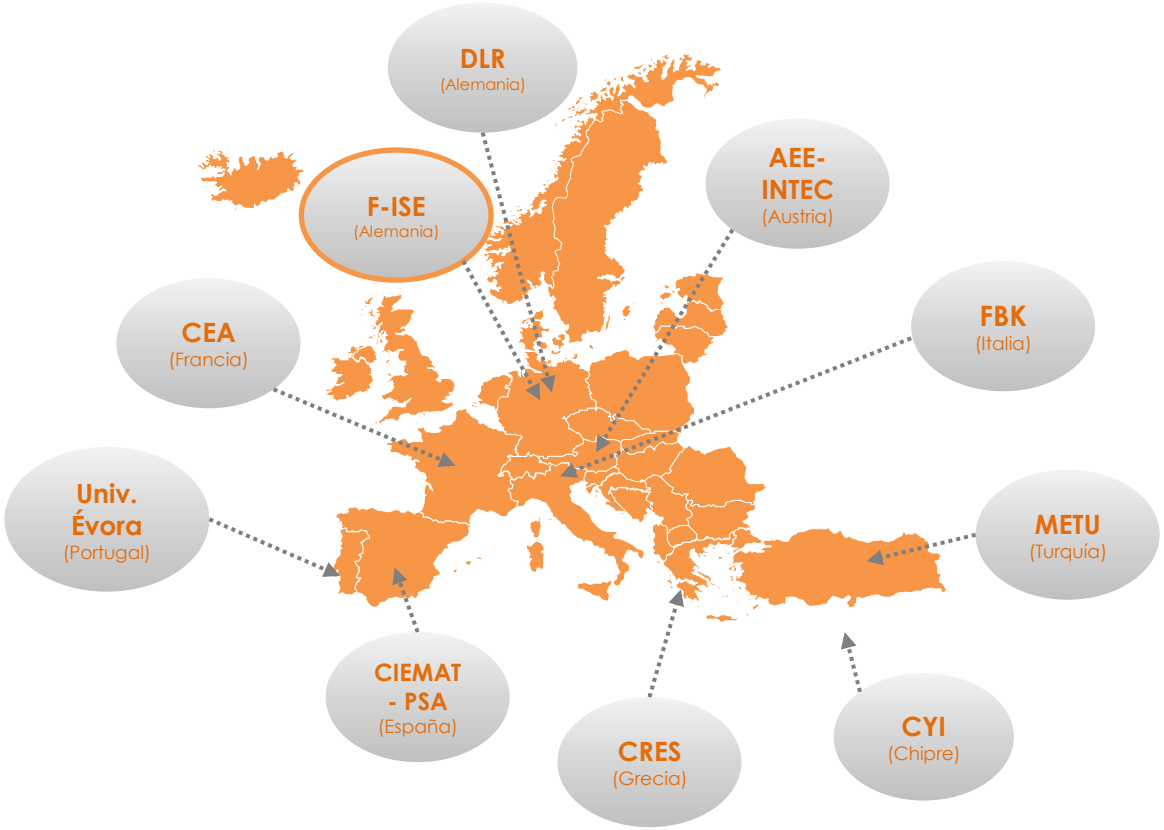
- Integrar el calor solar de proceso en el diseño de **nueva capacidad industrial**
- Facilitar **recursos** técnicos y **herramientas** para integración SHIP

Tareas WP3 INSHIP

El WP3 del proyecto INSHIP se divide en las siguientes tareas:

- **3.1** Generación de vapor para procesos industriales mediante energía solar
- **3.2** Conceptos modulares y estandarizados para Balance de Planta (BOP)
- **3.3** Análisis y mejora de la fiabilidad y durabilidad de componentes y captadores solares en entornos industriales
- **3.4** Desarrollo de captadores y soluciones compactas para el campo solar que faciliten la integración en edificios

Organismos e Institutos I+D trabajando en WP3



3.1. Guía para integración de vapor solar en SHIP

Organismos I+D: CIEMAT-PSA, AEE-INTEC, CRES, U.Evora, FISE

RETOS / OBJETIVOS

Definición de pautas, directrices y opciones de diseño para la integración de vapor solar en procesos industriales

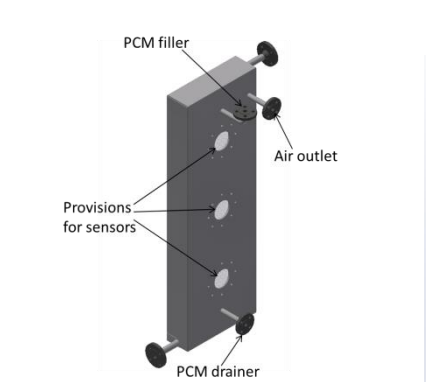
CONTENIDOS

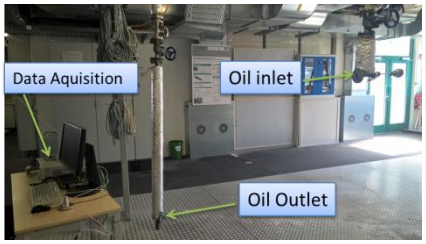
- ✓ Descripción de tecnologías, parámetros, configuraciones de campo solar, … para generación directa (DSG) o indirecta (ISG) de vapor SHIP
- ✓ Método de dimensionado de campos solares con/sin almacenamiento para generación de vapor SHIP
- ✓ Estrategias de control y operación
- ✓ Medidas de seguridad y gestión del estancamiento (stagnation)

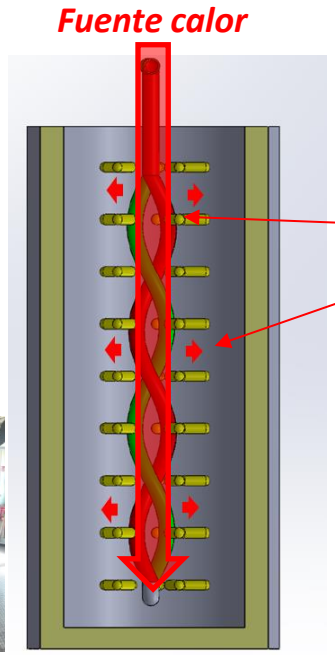
BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Desarrolladores: facilitar el diseño e integración de campos solares en procesos y redes industriales de vapor
- ✓ Usuarios finales: mejora de la operación y seguridad de sistemas SHIP con vapor

3.1.2. Evaporador PCM para gen. indirecta vapor







Organismos I+D: FISE, AEE-INTEC, FBK

Tecnología: prototipo de evaporador PCM para generación indirecta de vapor

Sectores industriales: cualquiera que necesite vapor (alimentación/bebidas, químico, textil, automóvil, maquinaria, papel, …)

RETOS / OBJETIVOS

Desarrollar un dispositivo que permita almacenar calor (latente) y generar vapor (ISG) a más de 100 ºC de forma eficiente y controlando los parámetros del vapor

LÍNEAS DE DESARROLLO

Logros: diseño y construcción de prototipo, ensayo con éxito de 1 módulo

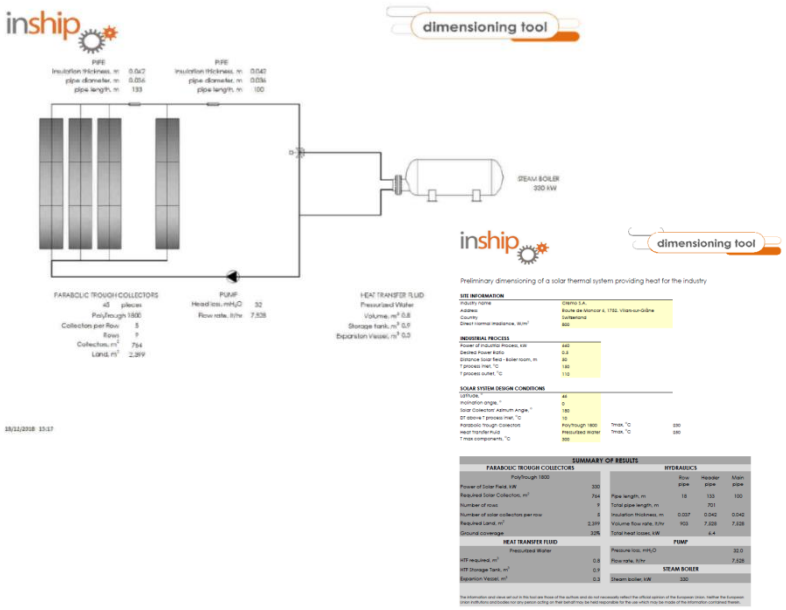
En curso: modelo térmico de HX alternativo, con PCM encapsulado (bolsas)

Planificado: instalación y puesta en marcha de prototipo de 250 kWh en industria real, operación y monitorización

BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Desarrolladores: reducción de costes de integración en generación de vapor
- ✓ Usuarios finales: mejorar la gestionabilidad de la producción de vapor mediante el almacenamiento

3.2. Herramienta dimensionado campo solar y BOP



Organismos I+D: CRES, CIEMAT-PSA

Descripción: herramienta de dimensionado del campo solar y de componentes de Balance de Planta (BOP)

Sectores industriales: cualquiera de media temperatura (alimentación/bebidas, químico, textil, automóvil, maquinaria, papel, …)

RETOS / OBJETIVOS

Facilitar el pre-diseño de campos solares SHIP y principales equipos del BOP según las características y demanda del proceso

CAPACIDADES

→ Permite elegir entre varios captadores comerciales, fluidos de trabajo y establecer parámetros y emplazamiento del sistema. En principio solo ISG y cilindroparabólicos. Desarrollada en Excel

→ Resultados: área de captación neta, terreno necesario, potencia de HX y bombas, tamaño tanque de expansión, volumen HTF, diámetros tuberías, etc.

→ Validado con instalaciones SHIP reales (www.ship-plants.info)

BENEFICIOS ESPERADOS

✓ Desarrolladores: estandarización del dimensionado de sistemas SHIP, reducción de riesgos técnicos y financieros

3.2. Casos de estudio para validación

©Vicot Solar Technology Co., Ltd

Vapor solar para Procter & Gamble

Lugar: **Tianjin, China**

Tecnología: captadores cilindroparabólicos para generación indirecta de vapor (ISG) con aceite térmico hasta 160 °C

Sector industrial: químico

Proceso: evaporación/destilación

Área de captación neta:

→ Instalada: **2330 m²**

→ Calculada con herramienta: **2144 m²**

Barcel S.A. de C.V.

Lugar: **Mérida, Yucatán, México**

Tecnología: captadores cilindroparabólicos (Power Trough 250) con aceite térmico hasta 200 °C

Sector industrial: alimentación

Proceso: calentamiento de aceite vegetal para frituras

Área de captación neta:

→ Instalada: **177 m²**

→ Calculada con herramienta: **147 m²**

© Inventive Power SAPI de CV

Datos de: www.ship-plants.info

3.3.1. Análisis del ensuciamiento en entornos industriales

Organismos I+D: FISE, U.Evora

Actividad: caracterización de las condiciones de ensuciamiento en entornos agrícolas e industriales: clasificación según entornos

Sectores industriales: agro-alimentario, minería, químico, papel, madera

RETOS / OBJETIVOS

Determinar y reducir el impacto del ensuciamiento de los reflectores solares en entornos agrícolas e industriales

LOGROS ALCANZADOS

- ✓ Determinación de tasa de deposición de polen mediante imágenes satélite; monitorización (instrumento AVUS) del ensuciamiento orgánico en zona industrial (Friburgo) y planta CSP
- ✓ Evaluación sistemática del impacto en la reflectancia de captadores solares. Análisis de la dependencia espectral de distintos tipos de ensuciamiento en entornos industriales

BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Fabricantes: desarrollo de reflectores anti-soiling (Rioglass)
- ✓ Desarrolladores: selección de emplazamientos, predicción de rendimiento, reducción de riesgo financiero
- ✓ Usuarios finales: mejora de procedimientos y dispositivos de limpieza de espejos

3.3.2. Análisis de la corrosión en entornos industriales

Principales fuentes industriales de gases corrosivos

Pollutant	Industrial source
SO_2	Use of coal and oil, industrial plants (cement, coke, incinerators)
NO_2	Traffic, cement plants, incinerators
H_2S	Pulp and paper industry, farming, coal-preparation plants, coke plants
Cl_2	Pulp and paper industry

Organismos I+D: CIEMAT-PSA, FISE

Actividad: caracterización de las condiciones de corrosión en entornos industriales: clasificación según entornos

Sectores industriales: agro-alimentario, químico, cemento, papel/pulpa, madera, automóvil, transporte, maquinaria, minería

RETOS / OBJETIVOS

Caracterizar y mitigar la degradación de reflectores solares producida por fuentes de corrosión en entornos industriales

LÍNEAS DE DESARROLLO

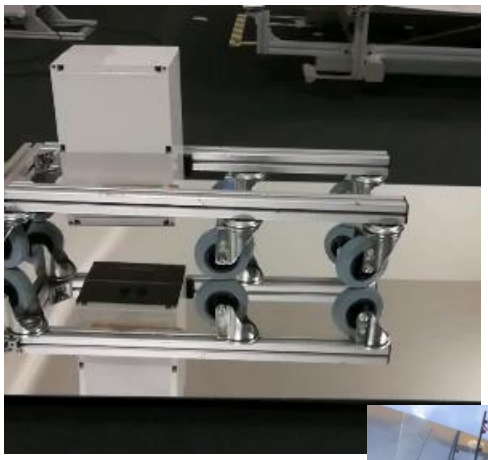
Logros: revisión y clasificación de entornos y gases corrosivos, ensayos de envejecimiento acelerado de reflectores (determinar cuáles reproducen mejor condiciones reales)

En curso: ensayo de muestras de 3 tipos de materiales expuestos en 5 emplazamientos industriales representativos (~ 3 años)

BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Fabricantes: mejoras en durabilidad de reflectores para entornos industriales
- ✓ Desarrolladores: selección de reflector según entorno, predicción de la degradación esperada y necesidades de mantenimiento de reflectores

3.3.3. Integración en procesos de limpieza automática



Organismos I+D: FISE, CIEMAT-PSA

Tecnología: prototipo de instrumento para integración de medidas de ensuciamiento en procesos de limpieza automática

Sectores industriales: agro-alimentario, minería, químico, papel, madera

RETOS / OBJETIVOS

Integrar la medida del ensuciamiento en los dispositivos de limpieza automática

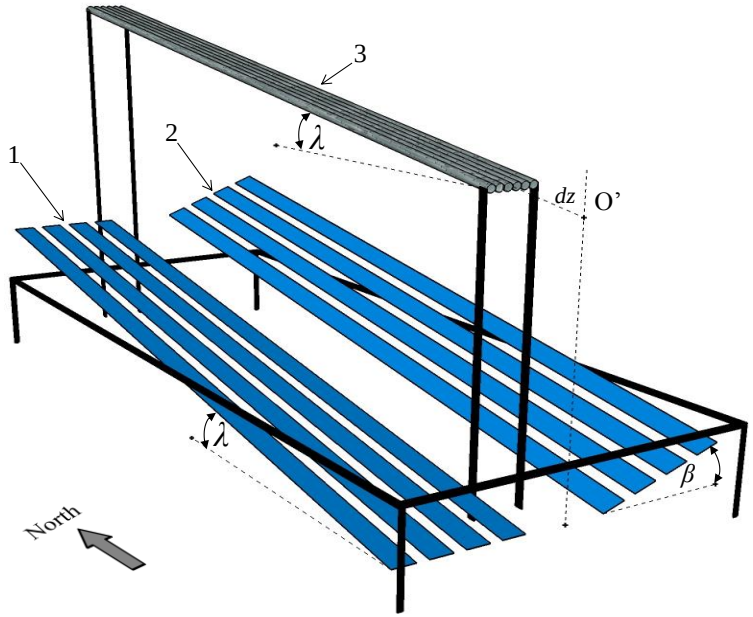
LÍNEAS DE DESARROLLO

- ✓ Revisión de tecnologías existentes de limpieza automática de espejos
- ✓ Diseño de instrumento prototipo de evaluación automática del ensuciamiento, basado en reflectómetro, para la integración en vehículos de limpieza
- ✓ Evaluación de la adaptabilidad de la monitorización mediante cámara (método FREDA, usado en torre): propuesta AVUSPro

BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Desarrolladores: predicción de rendimiento, reducción riesgo financiero
- ✓ Usuarios finales: mejora de procesos de limpieza, aumento del rendimiento del campo solar, reducción de OPEX

3.4.1. Captador Fresnel adaptable



Organismo I+D: CIEMAT-PSA

Tecnología: captador solar Fresnel compacto con inclinación adaptable para uso en procesos industriales

Sectores industriales: cualquiera con T ≤ 300 ºC (alimentación/bebidas, automóvil, maquinaria, químico, textil, madera, …)

VENTAJAS

- → Inclinación reflector y receptor: optimización óptica para aumentar energía disponible
- → Reflector en dos pétalos: uno rota para posiciones solares bajas, reduciendo pérdidas ópticas al amanecer/anochecer
- → Diseño óptico compacto: distribución flexible de pesos, materiales ligeros y cargas de viento reducidas

LÍNEAS DE DESARROLLO

Logros: diseño conceptual y optimización, patente presentada (PCT/ES2018/070059)

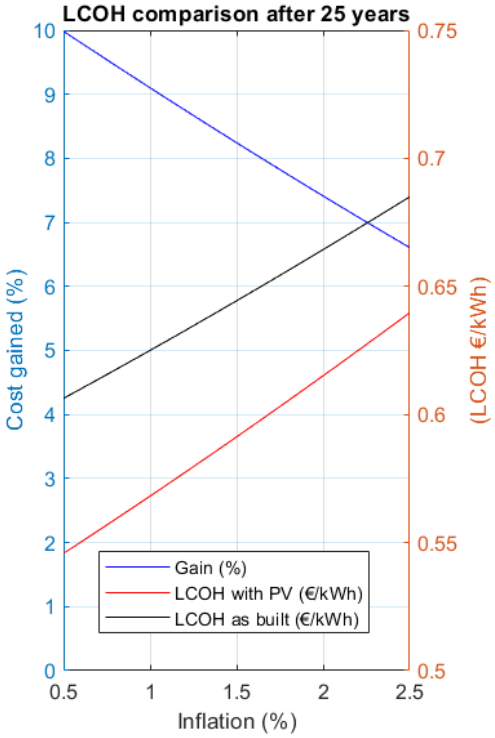
En curso: construcción de prototipo en la PSA

Planificado: ensayo/evaluación del prototipo

BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Desarrolladores: reducción de costes y espacio ocupado, integración en industrias
- ✓ Usuarios finales: reducción de pérdidas ópticas, aumento de rendimiento anual

3.4.1. Captador Fresnel híbrido (térmico-PV)



Organismo I+D: CYI

Tecnología: captador solar Fresnel híbrido térmico-PV para uso en procesos industriales

Sectores industriales: alimentación/bebidas, automóvil, maquinaria, químico, textil, madera, …

RETOS / OBJETIVOS

Evaluar el empleo de captador híbrido Fresnel térmico+PV para reducir consumos eléctricos en aplicaciones industriales

LÍNEAS DE DESARROLLO

Logros: captador híbrido ya instalado que suministra (34%) electricidad / aire acondicionado al NTL (Nicosia, Chipre), desarrollado modelo simulación TRNSYS

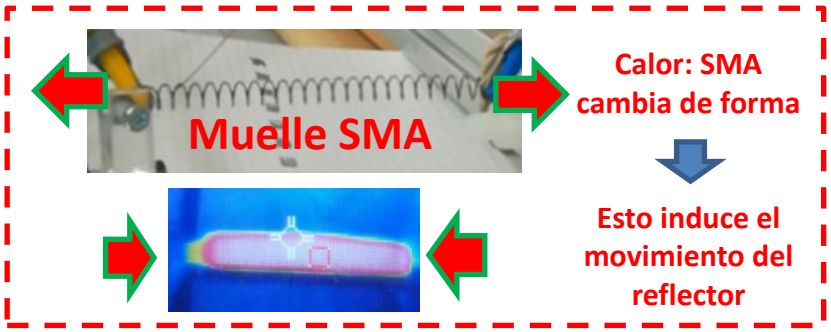
En curso: evaluación tecno-económica (LCOH) basada en necesidades del edificio

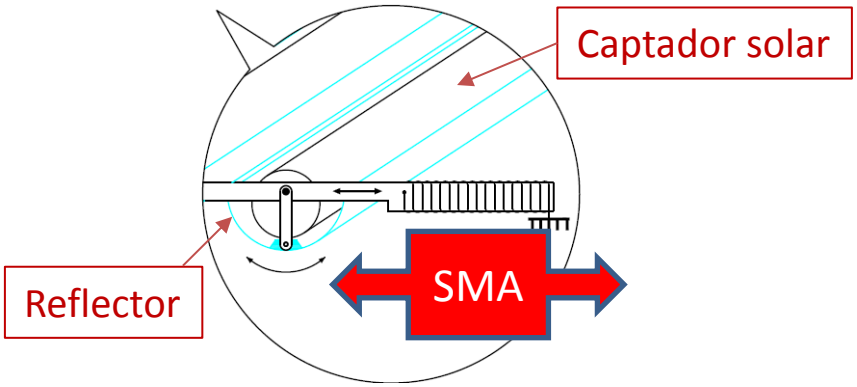
Planificado: optimización para entornos industriales

BENEFICIOS ESPERADOS

- ✓ Desarrolladores: reducción riesgos financieros
- ✓ Usuarios finales: ahorro de consumos eléctricos (50%), reducción de LCOH

3.4.2. Actuadores SMA (Shape Memory Alloys)





Organismos I+D: FBK, Universidad de Évora

Tecnología: nuevos actuadores para seguimiento solar basados en materiales SMA (aleación con memoria de forma) para captadores de concentración

Sectores industriales: alimentación/bebidas, maquinaria, químico, textil, madera, papel

RETOS / OBJETIVOS

Aumentar la durabilidad, integración y eficiencia de captadores solares para usos industriales

LÍNEAS DE DESARROLLO

Logros: movimiento de varios reflectores en laboratorio usando un banco de pruebas para varios ciclos

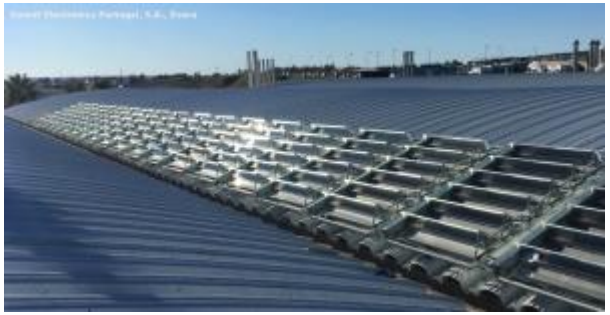
En curso: implementación del actuador SMA en el reflector innovador de tipo CPC para evitar el estancamiento

Planificado: integración del actuador SMA en un captador solar

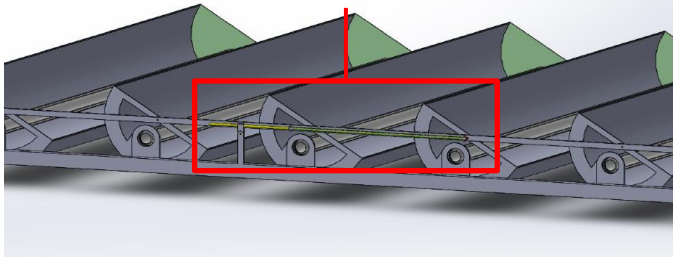
BENEFICIOS ESPERADOS

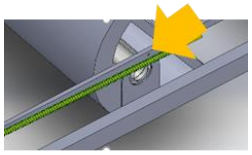
- ✓ Desarrolladores: sencillo de aplicar al captador, dispositivo fiable
- ✓ Usuarios finales: incremento de la durabilidad de captadores (reducción del OPEX) y aumento de la eficiencia

3.4.3. Captador QS-CPC con actuador SMA

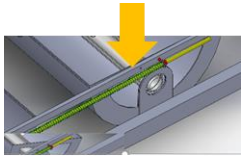


Actuador SMA para posicionamiento





Invierno



Verano

Organismos I+D: Universidad de Évora, FBK

Tecnología: captador CPC cuasi-estacionario para integración en tejados y fachadas con posicionamiento mediante actuadores SMA

Sectores industriales: alimentación/bebidas, maquinaria, químico, textil, madera, papel

VENTAJAS

→ Seguimiento solar estacional: aumentar la concentración y temperatura en CPCs sin sistemas de seguimiento complejos y caros

→ Flexibilidad instalación inclinada: integración entornos industriales

LÍNEAS DE DESARROLLO

Logros: diseño y optimización del captador, instalación en tejado industrial (20º) con seguim. activo

En curso: diseño con SMAs

Planificado: instalación y pruebas con SMAs

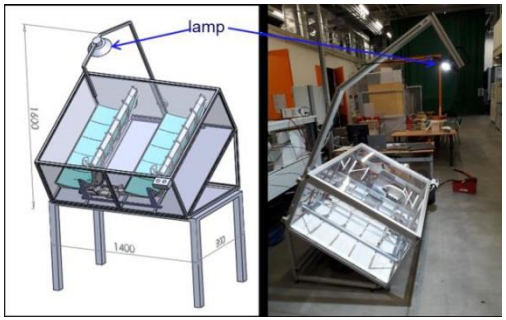
BENEFICIOS ESPERADOS

✓ Desarrolladores: reducción de costes y espacio ocupado, integración en tejados y fachadas

✓ Usuarios finales: facilidad mantenimiento, reducción de OPEX y aumento de la eficiencia

3.4.4. Captador cilindroparabólico encapsulado

Módulo



Prototipo

Organismos I+D: CEA

Tecnología: captador cilindroparabólico encapsulado ("Solar Box") para integración en edificios y espacios reducidos

Sectores industriales: cualquiera con T ~ 200 °C (alimentación/bebidas, maquinaria, químico, textil, madera, papel, …)

RETOS/ VENTAJAS

Encapsulado cilindroparabólicos de pequeño tamaño en caja de vidrio:

→ limita cargas de viento y evita estructuras pesadas y costosas (similar a placa plana)

→ protege tubo receptor (no evacuado)

→ facilita integración en edificios

LÍNEAS DE DESARROLLO

Logros: construidos 5 módulos, soldados tubos con recubrimiento selectivo (α = 94%, ε = 6%)

En curso: ensayos en prototipo

Planificado: evaluación global, integración en micro-red "district heating" (INES)

BENEFICIOS ESPERADOS

✓ Desarrolladores: reducción de costes de inversión, integración en edificios

✓ Usuarios finales: mejora de eficiencia, facilidad de mantenimiento