
FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE

“Evaluación de Vida Útil de una Planta de Calor de Procesos **Fresnel**
Considerando Pérdidas por **Degradación** en Tubos Absorbedores y Reflectores”



Sayra A. Gómez García

Supervisores:

M.Sc. Theda Zoschke – Fraunhofer ISE

Dr. Alexis Acuña - UABC

Presentación de Tesis de Licenciatura

Mexicali B.C, 16.08.2021

CONTENIDO

■ Introducción

- Justificación y alcance
- Marco teórico: concentradores lineales Fresnel, tubos absorbedores, mecanismos e indicadores de degradación

■ Metodología

- Modelado de la planta de calor de procesos Fresnel
- Incorporación del Modelo de Resistencias Térmicas (TRM)
- Validaciones
- Incorporación del declive exponencial en los indicadores de degradación

■ Resultados

- Cuantificación de la degradación en función del tiempo
- Evaluación tecno económica (LCOH) a lo largo de la vida útil de la planta

■ Conclusiones & Proyecciones

Justificación

Energía Solar por Concentración

Ventajas

- Tasa de generación alta y eficiente
- Almacenamiento térmico → Flexibilidad, estabilidad, mayor fracción solar
- Altos ahorros enfocados en el calor de procesos
- Bajo mantenimiento y automatización

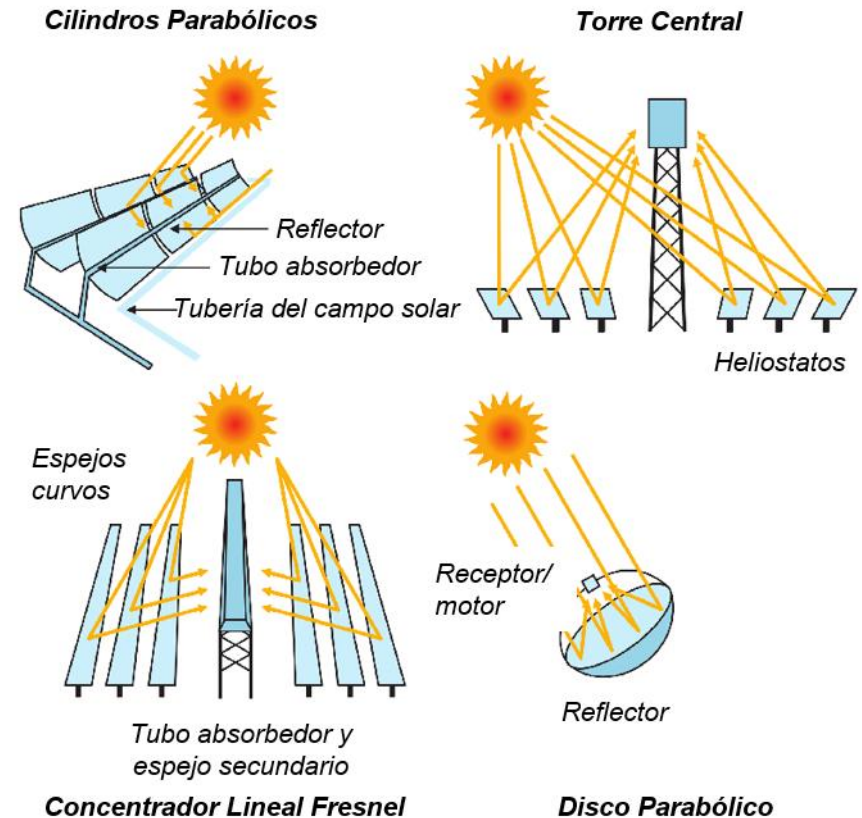


Fig.1 Technology Roadmap: Concentrating Solar Power, International Energy Agency, 2010, Paris

Objetivos / Alcance



Prolonga la vida útil de materiales funcionales para tecnologías de concentración solar

1. Modelado y simulación de una planta con concentradores lineales Fresnel
 2. Incorporación de indicadores de degradación
 3. Evaluación tecno-económica
- ✓ Cuantificar los efectos de los mecanismos de degradación en el rendimiento y durabilidad del sistema
 - ✓ Evaluación de distintos recubrimientos selectivos en la base de RAISELIFE

Concentrador Lineal Fresnel

Ventajas sobre Cilindro Parabólico

- Adecuado para aplicaciones de alta temperatura
- Menores costes de producción, instalación y mantenimiento
- Menor espacio requerido para una cantidad determinada de electricidad producida
- Menores pérdidas por fugas debido al receptor fijo

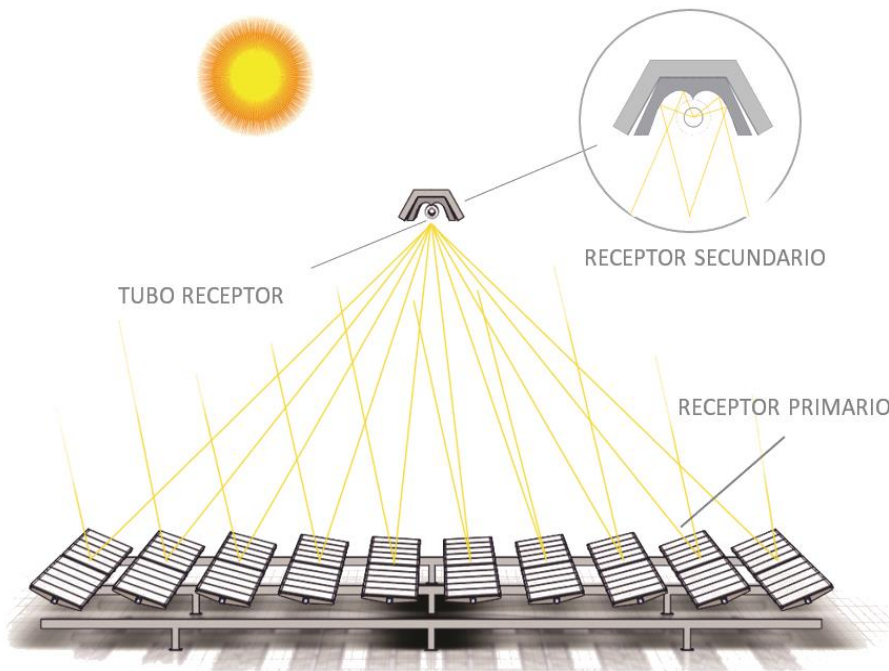
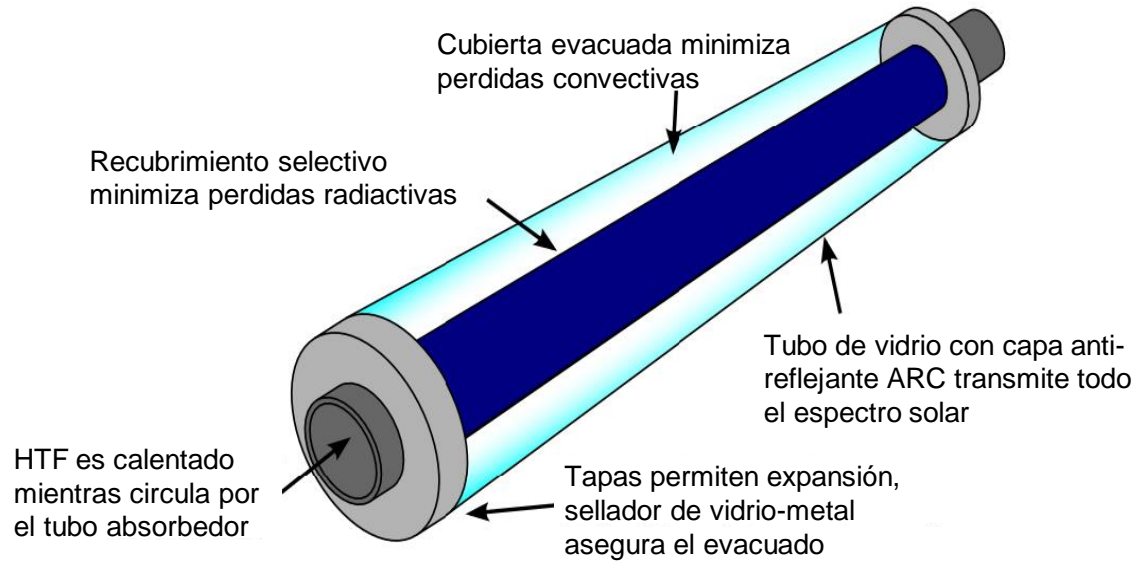


Fig.2 Fresnel Solar Collector, Millennium Energy Systems, 2018, Spain

Tubo Absorbedor

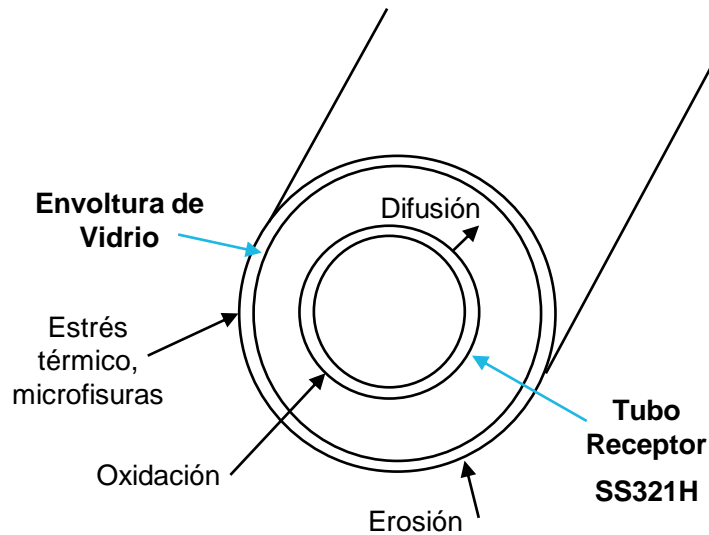
Componentes e Importancia



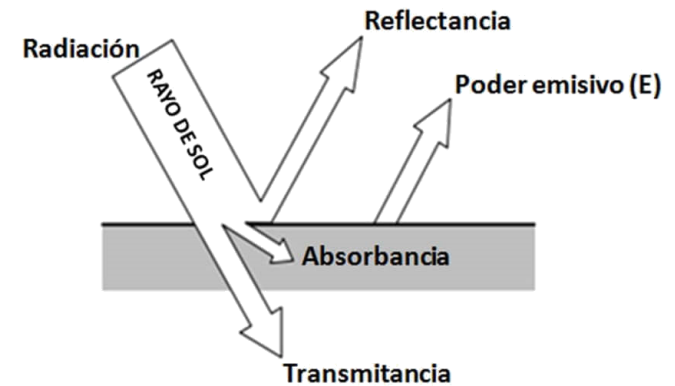
... se exige que estos receptores, como componentes clave de los sistemas termosolares, sean de **bajo costo, resistentes a altas temperaturas y presenten una alta eficiencia** durante su vida útil en diferentes tipos de locaciones y ambientes.

Fig.3 Heat collector elements, Lee A. Weinstein, 2015

Mecanismos e Indicadores de Degradación



Mecanismos



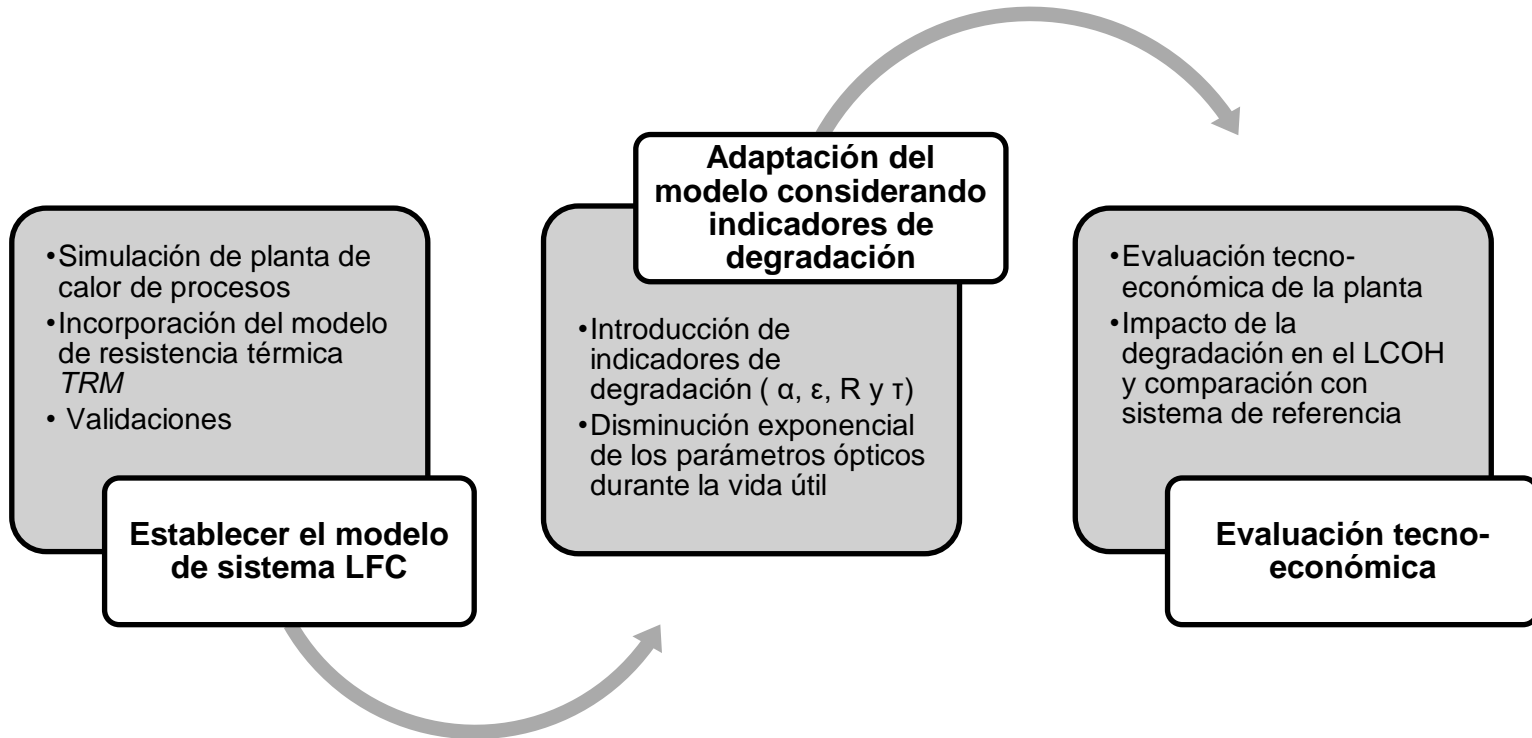
Indicadores

La degradación se refiere a una disminución monótona de la absorbancia y/o un aumento monótono de la emitancia en función del tiempo de envejecimiento.

CONTENIDO

- Introducción
 - Justificación y Alcance
 - Mecanismos e indicadores de degradación
- **Metodología**
 - Modelado de la planta de calor de procesos LFC
 - Incorporación del Modelo de Resistencias Térmicas (TRM) al LFC
 - Validaciones
 - Incorporación del declive exponencial en los indicadores de degradación
- Resultados
 - Cuantificación de la degradación en función del tiempo
 - Evaluación tecno económica (LCOH) a lo largo de la vida útil de la planta LFC
- Conclusiones & Proyecciones

Metodología



Sistema de Referencia Basado en el arreglo ORC-PLUS

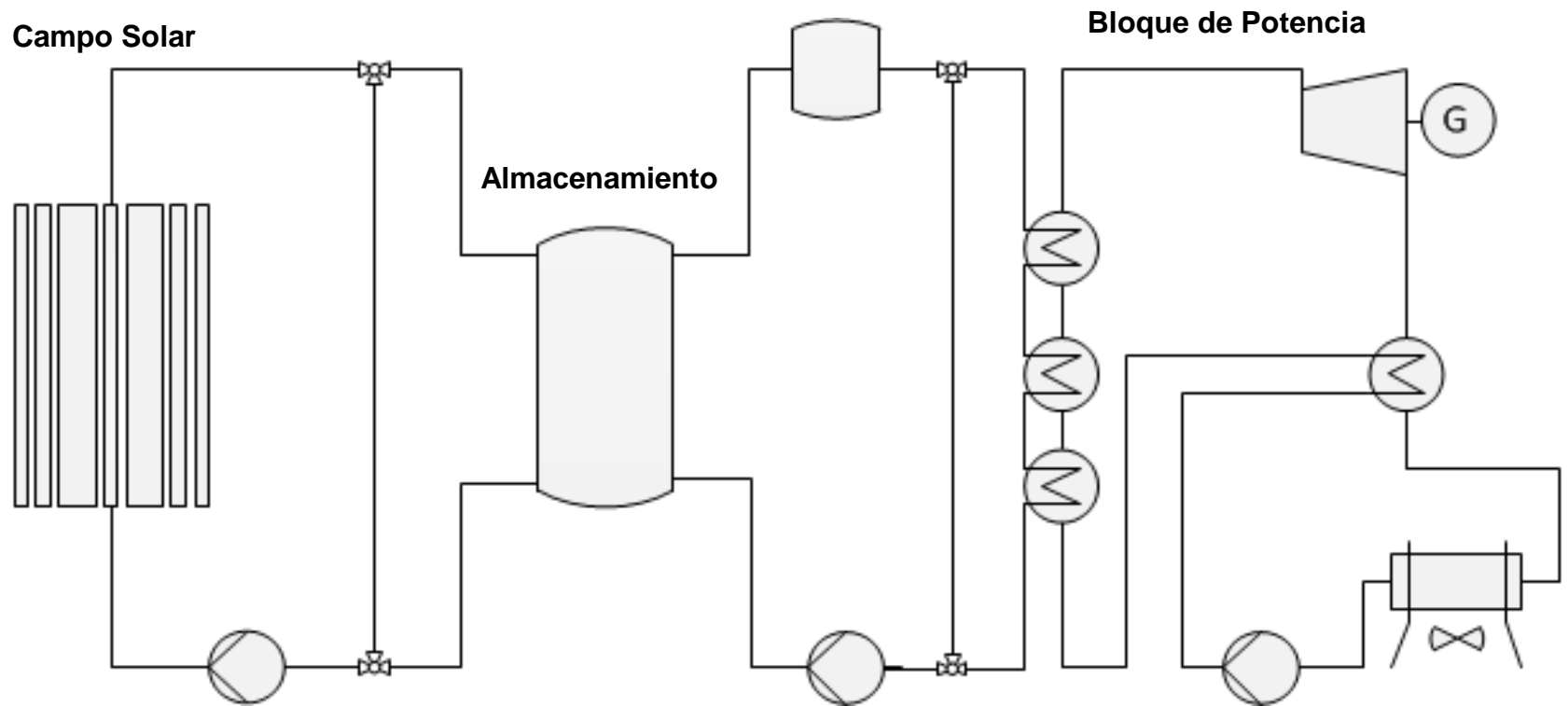


Fig.5 Modellierung, Simulation und Bewertung zweier verschiedener Eintank-Speichersysteme zur Integration in ein solarthermisches Fresnel-Kraftwerk mit ORC-Prozess, Zoschke iSE, 2015, Germany

Sistema de Referencia

Especificaciones del campo solar

Campo Solar

- Concentrador Linear Fresnel

Numero de bucles: 7

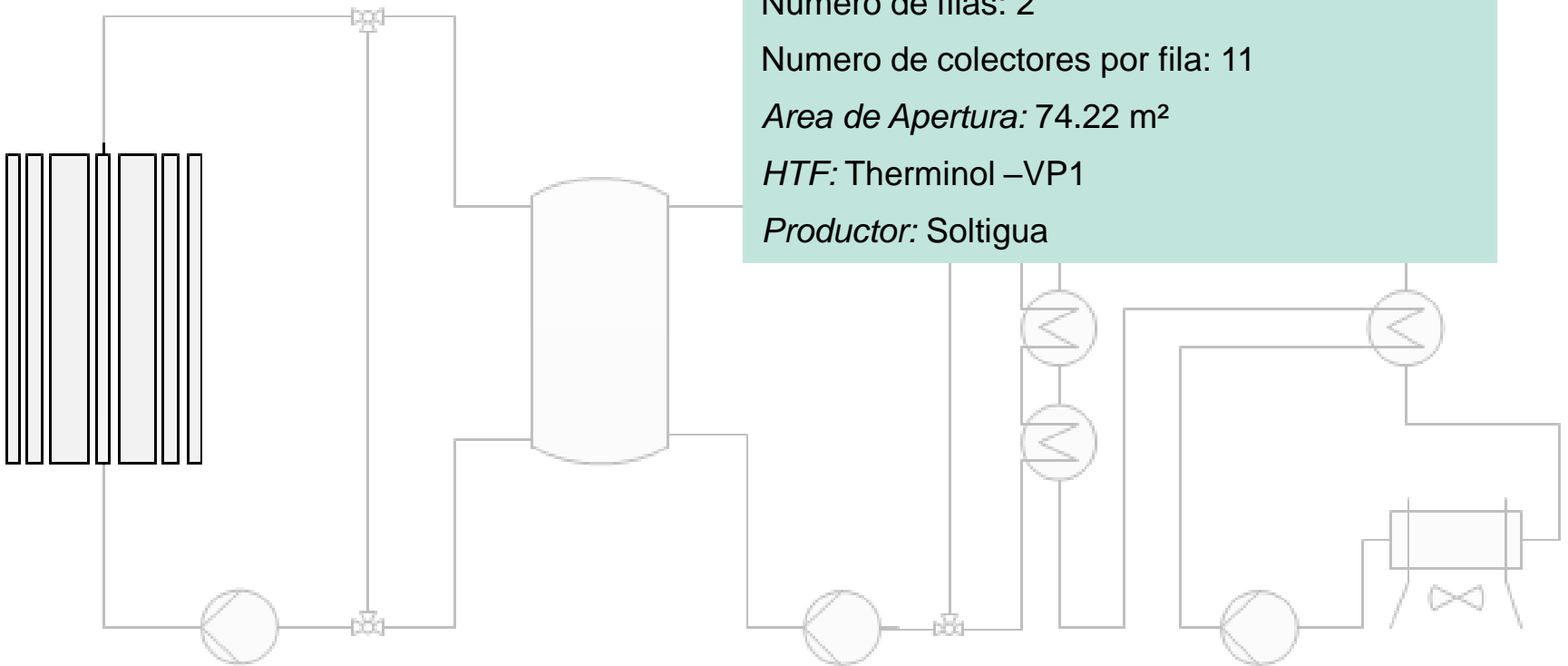
Numero de filas: 2

Numero de colectores por fila: 11

Area de Apertura: 74.22 m²

HTF: Therminol –VP1

Productor: Soltigua



Modelado actual de campo solar

Calculo de ganancia solar

$$\blacksquare Q_{gains} = Q_{solar,pot} - Q_{loss}$$

$$Q_{solar,pot} = A * \eta_0 * IAM * \cos\theta_i * DNI * EL \quad Q_{loss} = 7.254E^{-6} * \Delta T^3 - 1.863E^{-3} * \Delta T^2 + 3.679E^{-1} * \Delta T [1]$$

Donde:

A Area de Apertura
IAM Modificador del Angulo de Incidencia
 θ Angulo de Incidencia
DNI Radiacion Normal Directa
 η_0 [-] Eficiencia Optica
EL [-] Perdidas por extremos

Donde:

ΔT HTF Temp - Tamb



[1] Correlacion correspondiente a modelo de colector Soltigua, receptor Archimede Solar Energy

Modelo de Resistencia Térmica (TRM)

Configuraciones

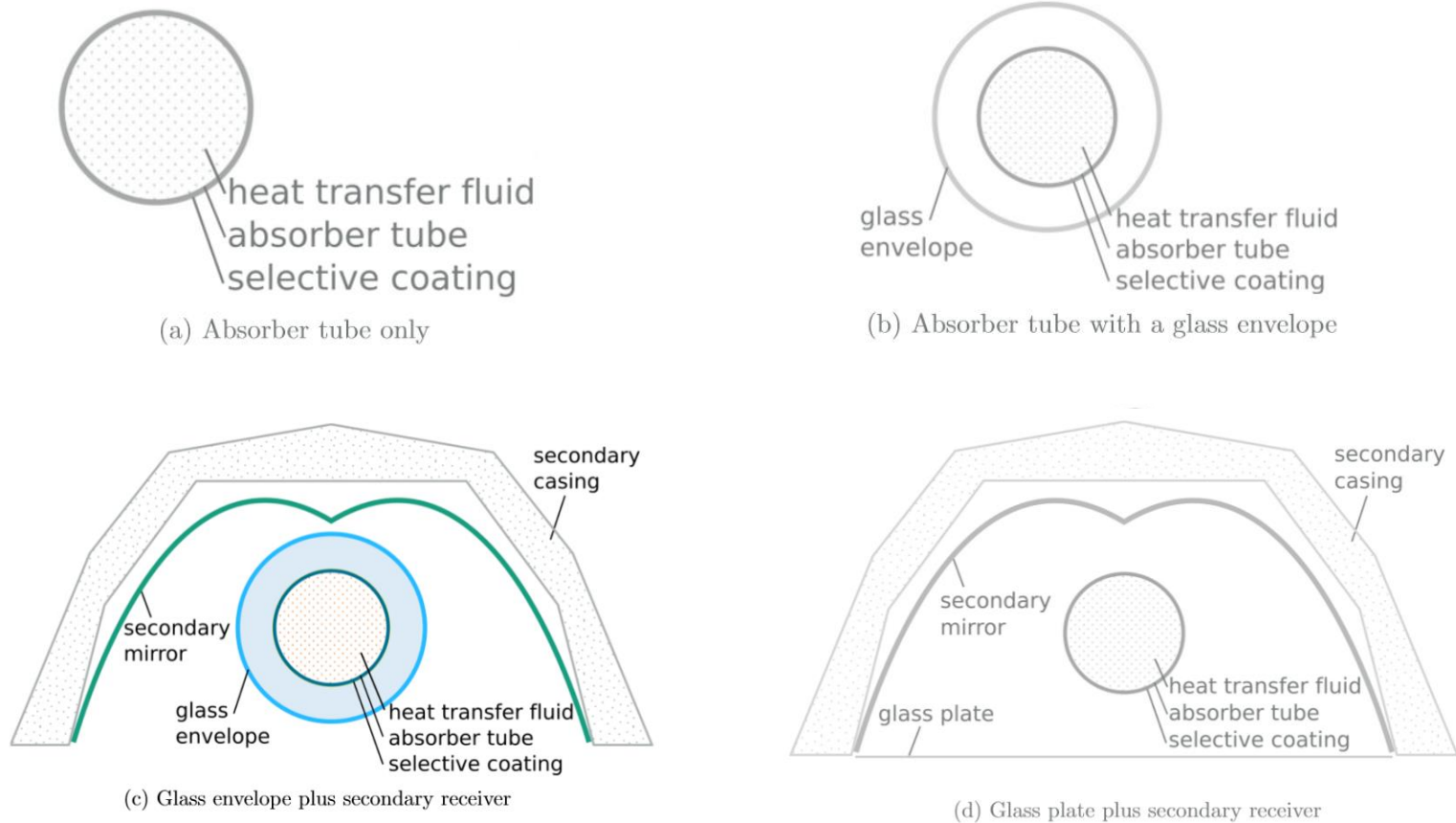
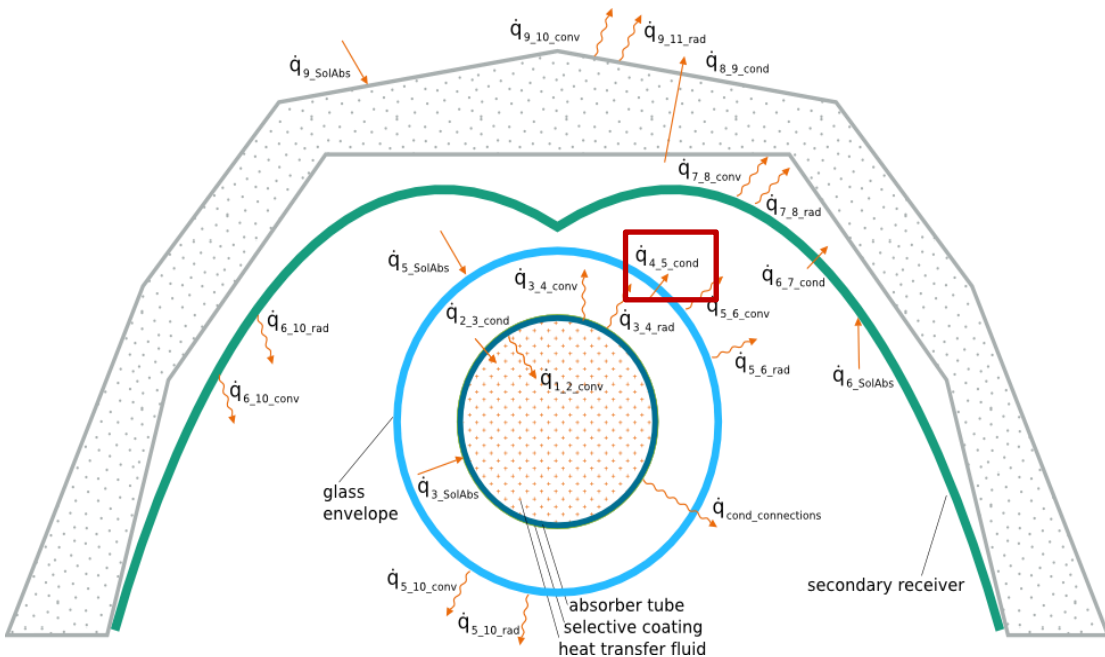


Fig. 6 A. Heimsath, F. Cuevas, A. Hofer, P. Nitz, and W. Platzer. Linear fresnel collector receiver: Heat loss and temperatures. Energy Procedia, 2013.

Modelo de Resistencia Térmica (TRM)

Operación



Balance de Energia:

$$\dot{q}_{1,2_conv} = \dot{q}_{2,3_cond}$$

$$\dot{q}_{3_SolAbs} = \dot{q}_{2,3_cond} + \dot{q}_{3,4_conv} + \dot{q}_{3,4_rad}$$

$$\dot{q}_{3,4_conv} + \dot{q}_{3,4_rad} = \dot{q}_{4,5_cond}$$

$$\dot{q}_{4,5_cond} + \dot{q}_{5_rad} + \dot{q}_{5_SolAbs} = \dot{q}_{5,10_conv} + \dot{q}_{5,6_conv}$$

$$\dot{q}_{5,6_cond} + \dot{q}_{6_rad} + \dot{q}_{6_SolAbs} = \dot{q}_{6,10_conv} + \dot{q}_{6,7_cond}$$

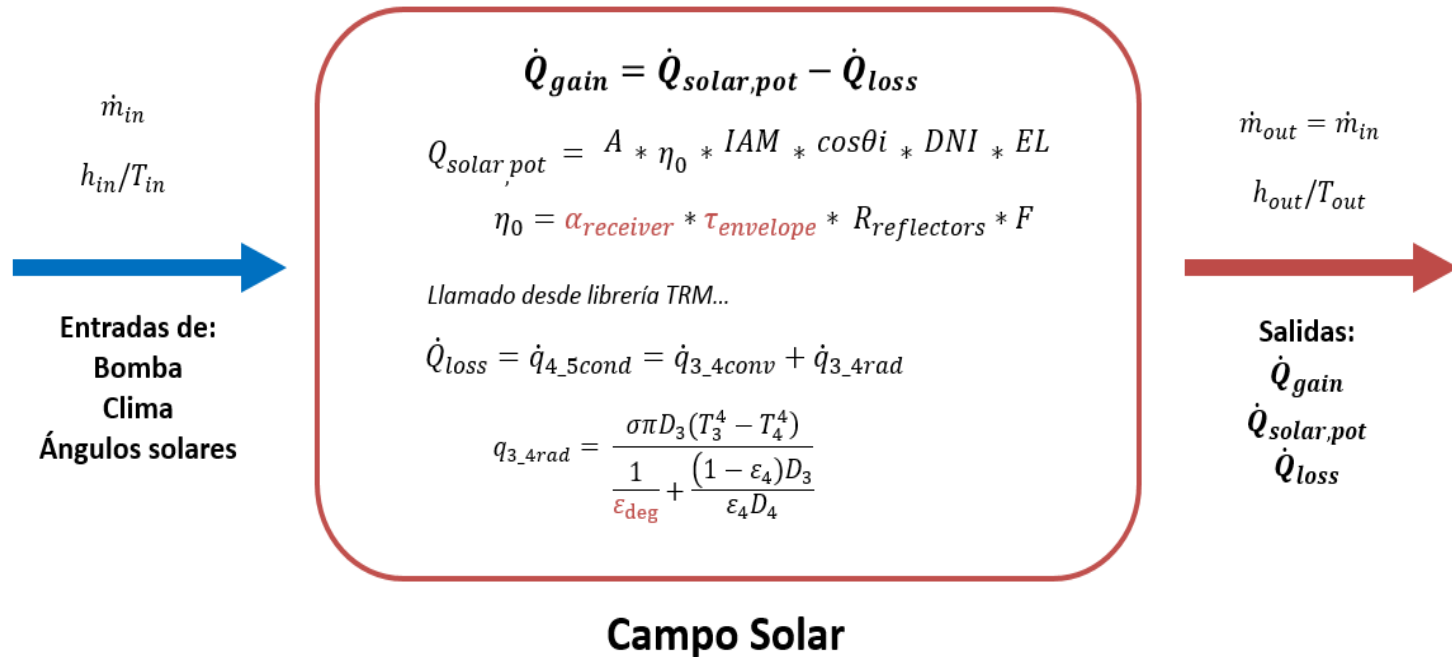
$$\dot{q}_{6,7_cond} = \dot{q}_{7,8_conv} + \dot{q}_{7,8_rad}$$

$$\dot{q}_{7,8_conv} + \dot{q}_{7,8_rad} = \dot{q}_{8,9_cond}$$

$$\dot{q}_{8,9_cond} + \dot{q}_{9_SolAbs} = \dot{q}_{9,10_conv} + \dot{q}_{9,11_rad}$$

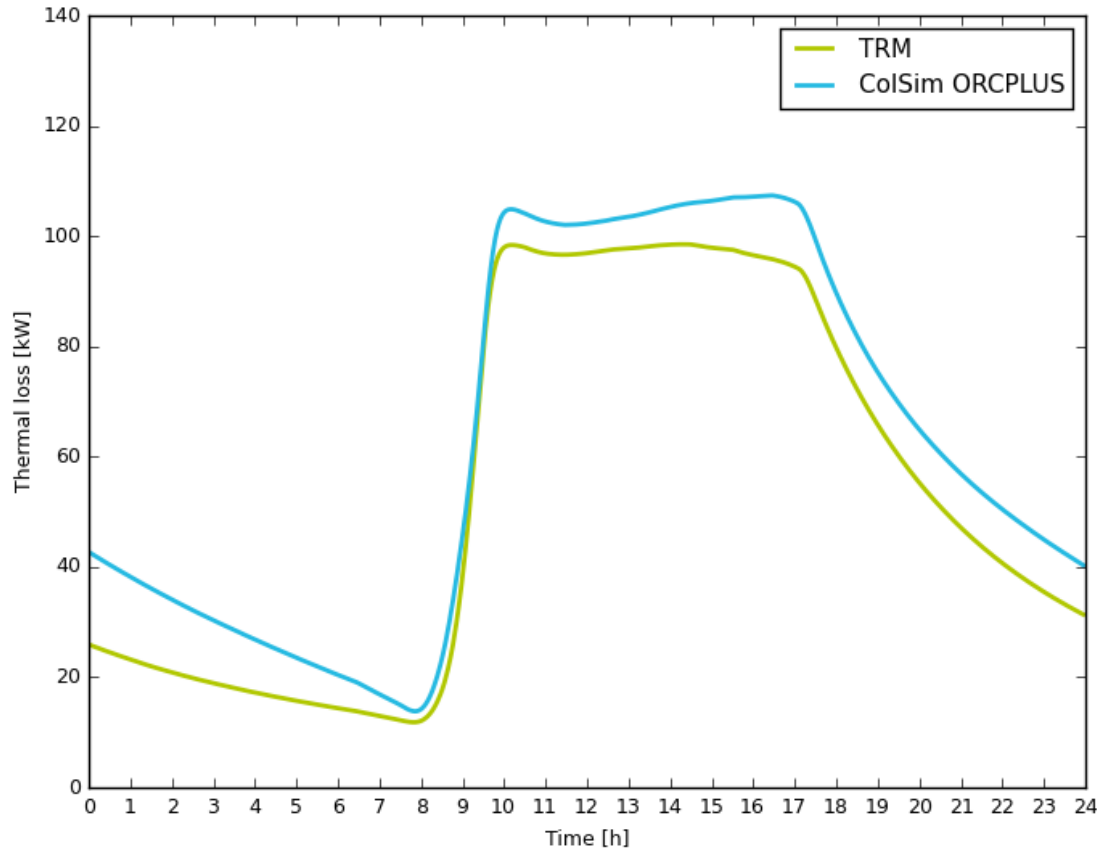
Adecuación del Campo Solar

Incorporación del Modelo de Resistencia Térmica (TRM)



Validaciones

TRM & Correlación de ColSim



TRM

$$\dot{Q}_{loss} = \dot{q}_{4_5cond} = \dot{q}_{3_4conv} + \dot{q}_{3_4rad}$$

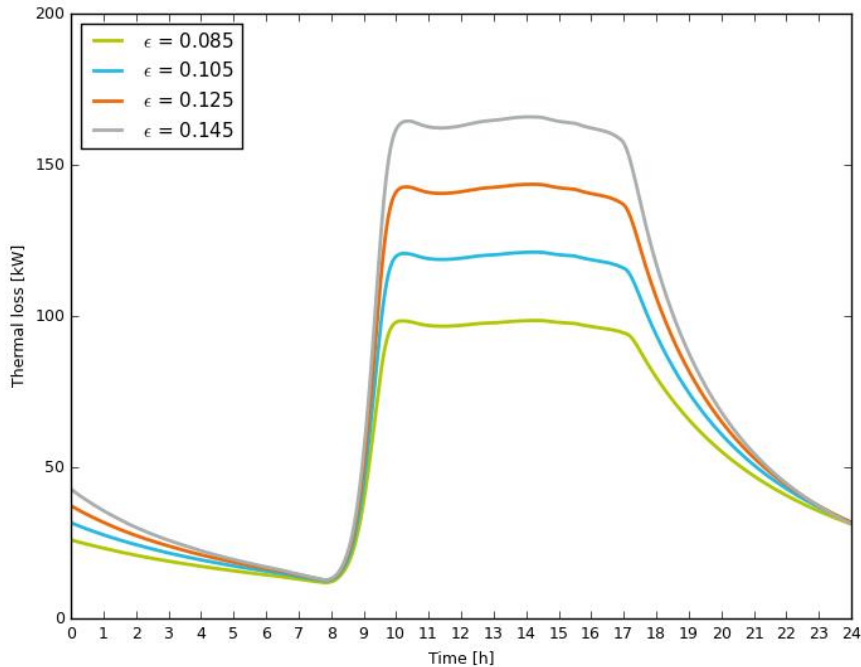
$$q_{3_4rad} = \frac{\sigma \pi D_3 (T_3^4 - T_4^4)}{\frac{1}{\epsilon_{deg}} + \frac{(1 - \epsilon_4) D_3}{\epsilon_4 D_4}}$$

ORCPLUS

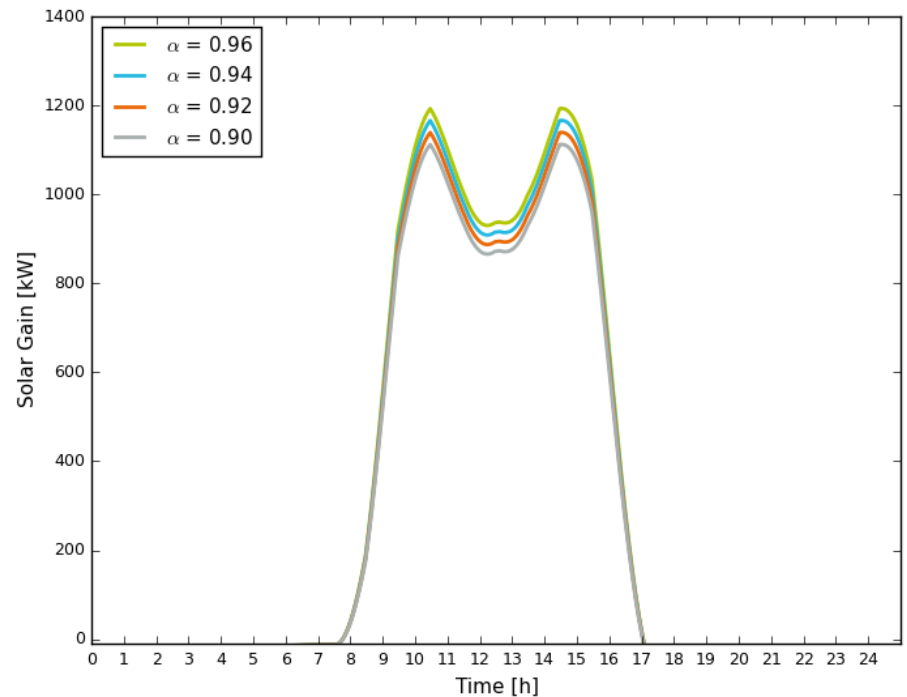
$$Q_{loss} = 7.254E^{-6} * \Delta T^3 - 1.863E^{-3} * \Delta T^2 + 3.679E^{-1} * \Delta T$$

Influencia en Campo Solar

Perdidas de calor y ganancia solar



■ Emitancia $0.085 < \epsilon < 0.145$



■ Absortancia $0.90 < \alpha < 0.96$

Incorporación del Declive Exponencial en los Indicadores de Degradación

$$\alpha, \tau, R_{deg} = \alpha, \tau, R_{inic} - (e^{deg_timer} - 1)$$

$$deg_{timer} = degradación_{tasa} * simulacion\ time\ step * Segundos_por_Año$$

- $$Q_{solar} = A * \eta_0 * IAM * \cos\theta_i * DNI * EL * \frac{\alpha_{deg}}{\alpha_{absorbedor}} * \frac{\tau_{deg}}{\alpha_{envoltura}} * \frac{R_{deg}}{R_{reflectores}}$$

$$\varepsilon_{deg} = \varepsilon_{inic} + (e^{deg_timer} - 1)$$

- $$\dot{Q}_{loss} = \dot{q}_{4_5cond} = \dot{q}_{3_4conv} + \dot{q}_{3_4rad}$$

Parámetro	Tasa de Degradación % (anual)	Valor Inicial	Valor Final
Emitancia tubo absorbedor ε	0.1	0.085	0.115
Absorbancia tubo absorbedor α	0.1	0.96	0.93
Transmitancia envoltura de vidrio τ	0.5	0.966	0.804
Reflectancia espejos primarios R	0.25	0.943	0.865

Tabla.1 Tasa de degradación en parámetros ópticos y valores después de 30 años de degradación exponencial

CONTENIDO

- Introducción
 - Justificación y Alcance
 - Revisión literaria: concentradores lineales Fresnel, estructura de tubos absorbedores y mecanismos de degradación.
- Metodología
 - Modelado de la planta de calor de procesos LFC
 - Incorporación del Modelo de Resistencias Térmicas (TRM) al LFC
 - Validaciones
 - Incorporación del declive exponencial en los indicadores de degradación
- **Resultados**
 - Cuantificación de la degradación en función del tiempo
 - Evaluación tecno económica (LCOH) a lo largo de la vida útil de la planta LFC
- Conclusiones & Proyecciones

Resultados

Pérdidas de calor

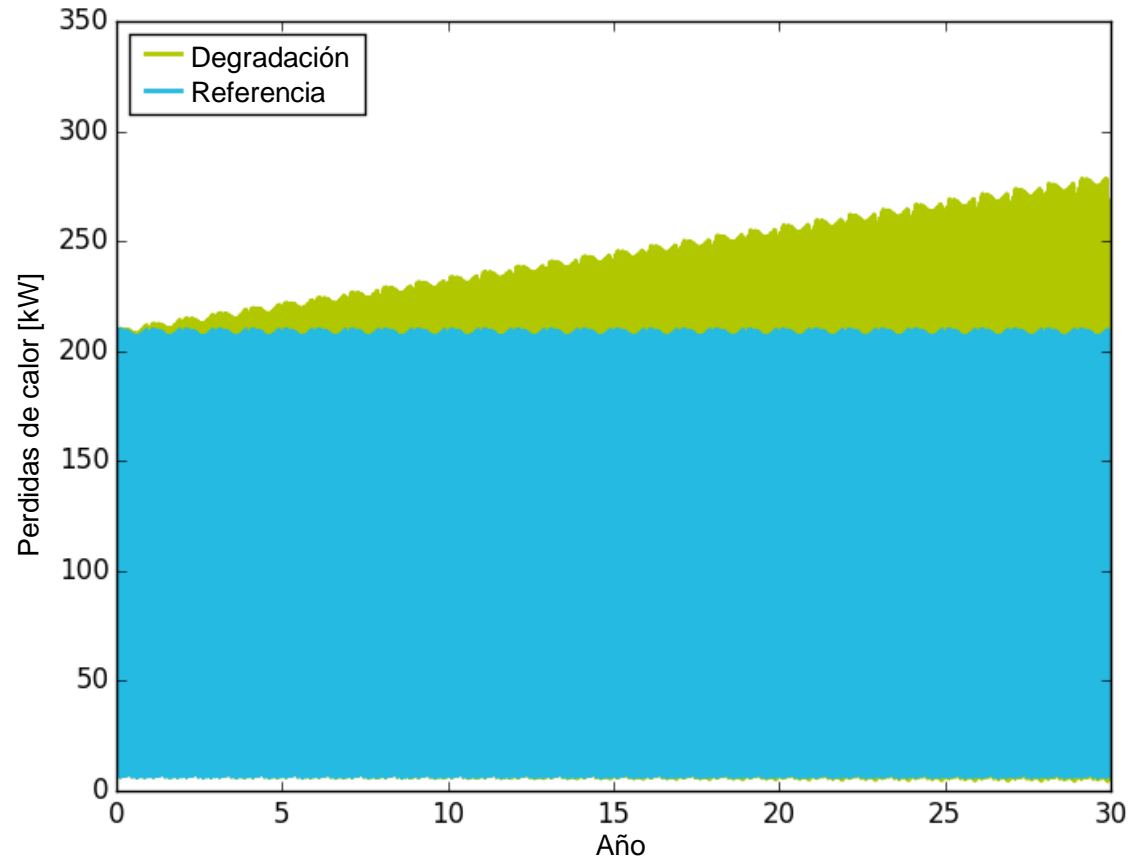
Sistema de referencia

Pérdidas de Calor:
14,235.07 MWh

Incluyendo degradación:

Pérdidas de Calor:
16,121.62 MWh

+13.25 %



Resultados

Ganancia de Calor

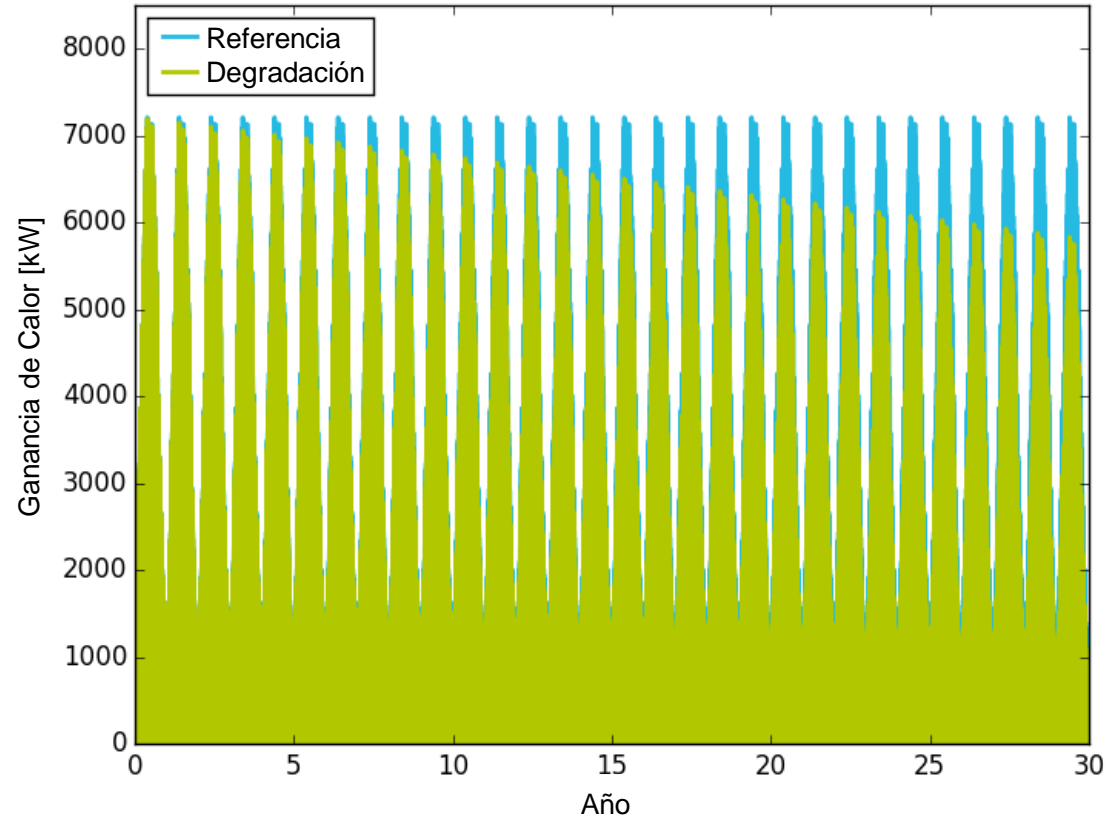
Sistema de referencia

Ganancia de Calor:
308,704.607 MWh

Incluyendo degradación

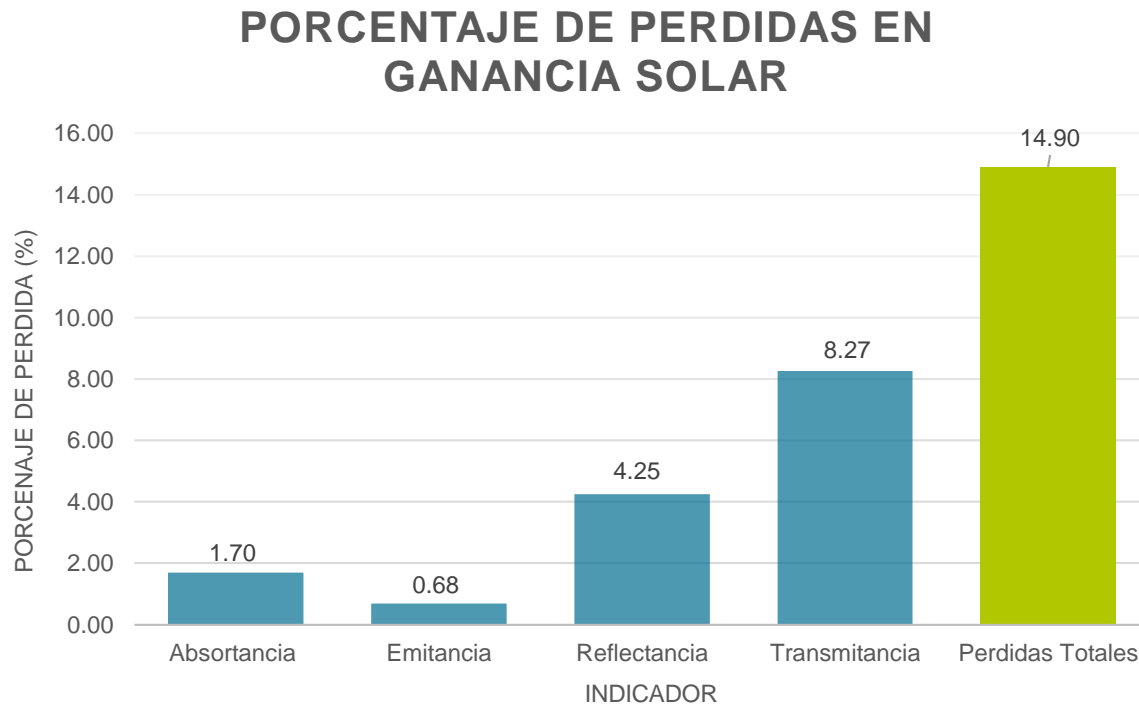
Ganancia de Calor:
253,010.012 MWh

-14.89%



Indicadores de Degradación

Análisis de Sensibilidad



Evaluación tecno-económica

LCOH

$$LCOH = \frac{C_{capex} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{opex,t} + C_{replex,t}}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+i)^t}}$$

Donde:

C_{capex} = Costos totales de inversión

T = Tiempo de vida de la planta

t = Año de funcionamiento de la planta

$C_{opex,t}$ = Costos de operación y mantenimiento

$C_{replex,t}$ = Costos de reemplazo y repintado

E_t = Producción anual de electricidad

i = tasa de interés

Parámetro	Unidad	Valor
Costo total de inversión	EUR	2,285,976
Operación y mantenimiento	EUR	34,289.64
Tasa de interés	%	7
Tiempo de vida planta	Años	30

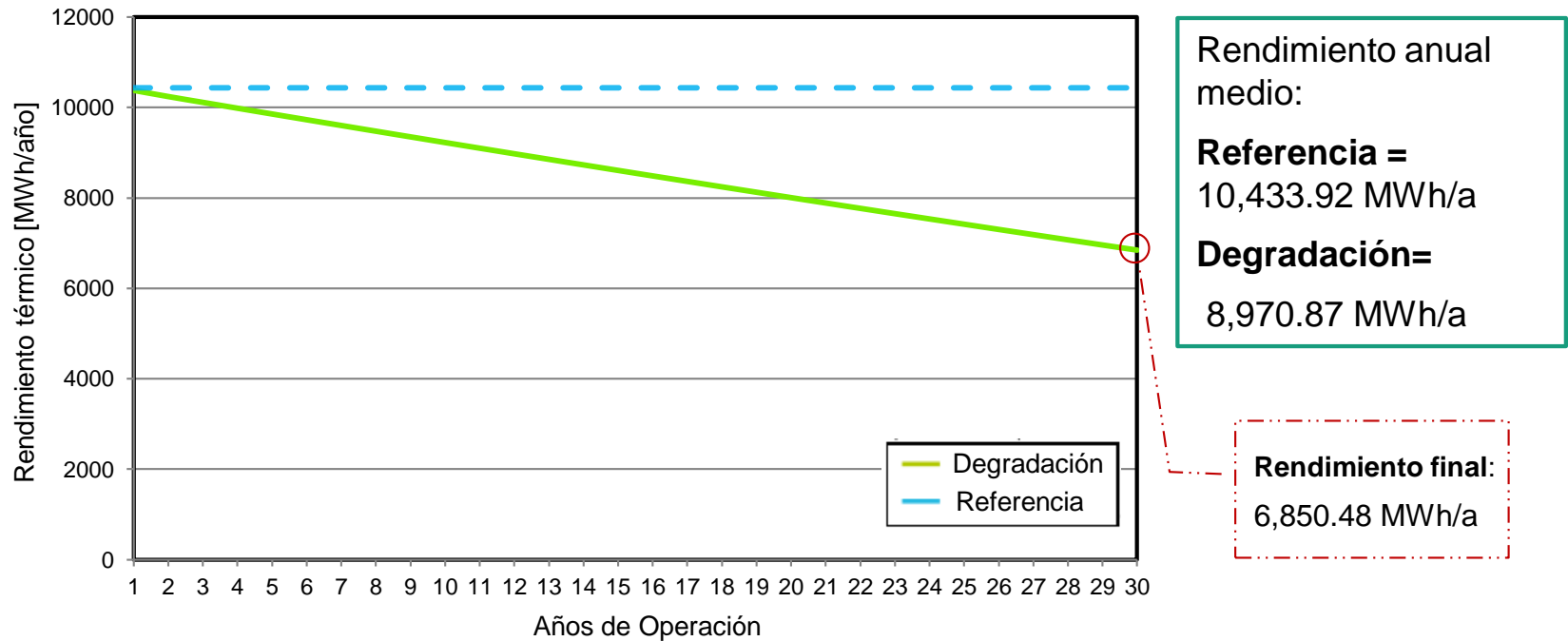
Evaluación tecno-económica

$$LCOH = \frac{C_{capex} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{opex,t} + C_{replex,t}}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+i)^t}}$$

$LCOH_{referencia} = 20.94 \text{ EUR/MWh}$

$LCOH_{degradacion} = 24.35 \text{ EUR/MWh}$

14.02 % Incremento

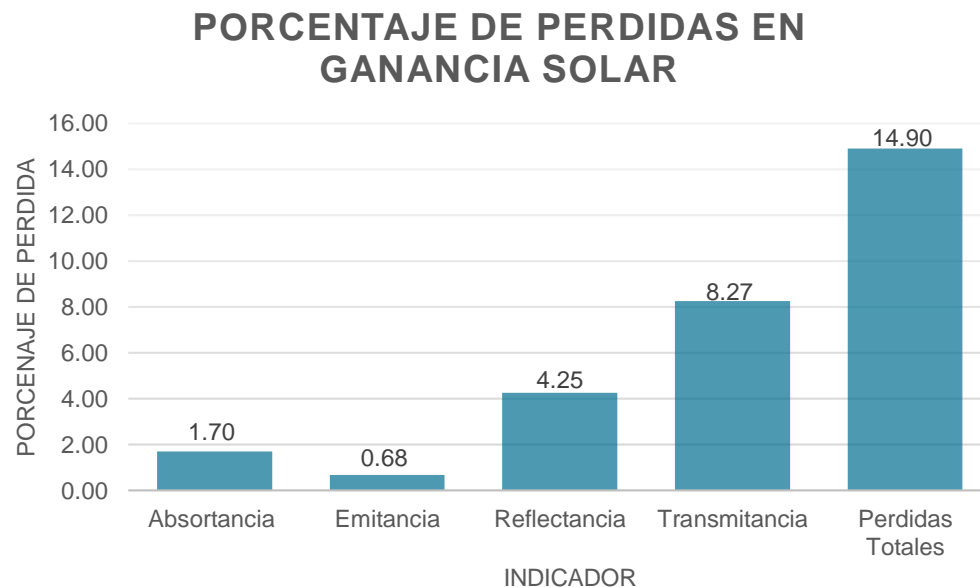


CONTENIDO

- **Introducción**
 - Justificación y Alcance
 - Revisión literaria: concentradores lineales Fresnel, estructura de tubos absorbedores y mecanismos de degradación.
- **Metodología**
 - Incorporación del Modelo de Resistencias Térmicas (TRM) al LFC
 - Modelado óptico del concentrador LFC
 - Validaciones con el modelo de simulación previo
 - Incorporación del declive exponencial en los indicadores de degradación
- **Resultados**
 - Cuantificación de la degradación en función del tiempo
 - Evaluación tecno económica (LCOH) a lo largo de la vida útil de la planta LFC
- **Conclusiones & Proyecciones**

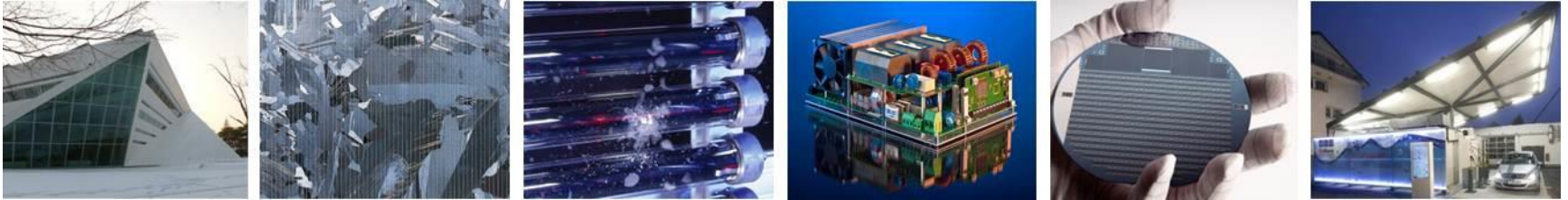
Conclusiones & Proyecciones

- Se encontró una disminución final del **14.89% en las ganancias solares** durante toda la vida útil del equipo, lo que representa una pérdida económica proporcional.



- Proyecciones
 - Análisis comparativo para examinar el modelo propuesto frente a los datos experimentales para los siguientes años de operación de la planta (Incorporación de los datos de degradación de los socios)

Thank you for your attention!



Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE
Universidad Autónoma de Baja California UABC

Sayra A. Gómez García