cspservices
concentrating solar power services

Sistema de extracción de hidrógeno - HyMATE

Protermosolar

Steffen Ulmer, Thomas Schmidt, Benjamin Brix , Greg Glatzmaier

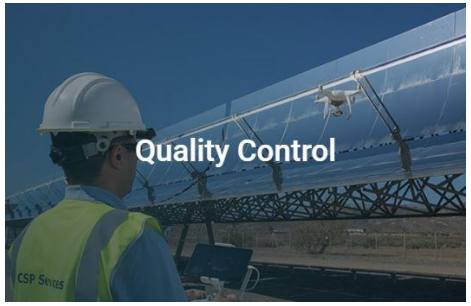
25 Abril 2024

CSP Services

Somos...

- una empresa privada de ingeniería, especializada en el sector CSP
- con sede en Colonia (Alemania) y Almería (España)
- un equipo de expertos de renombre con más de 20 años de experiencia en tecnologías solares
- investigamos constantemente cómo optimizar los campos solares CSP
- **líder del mercado en control de calidad, pruebas de rendimiento y mediciones especializadas en el sector CSP**







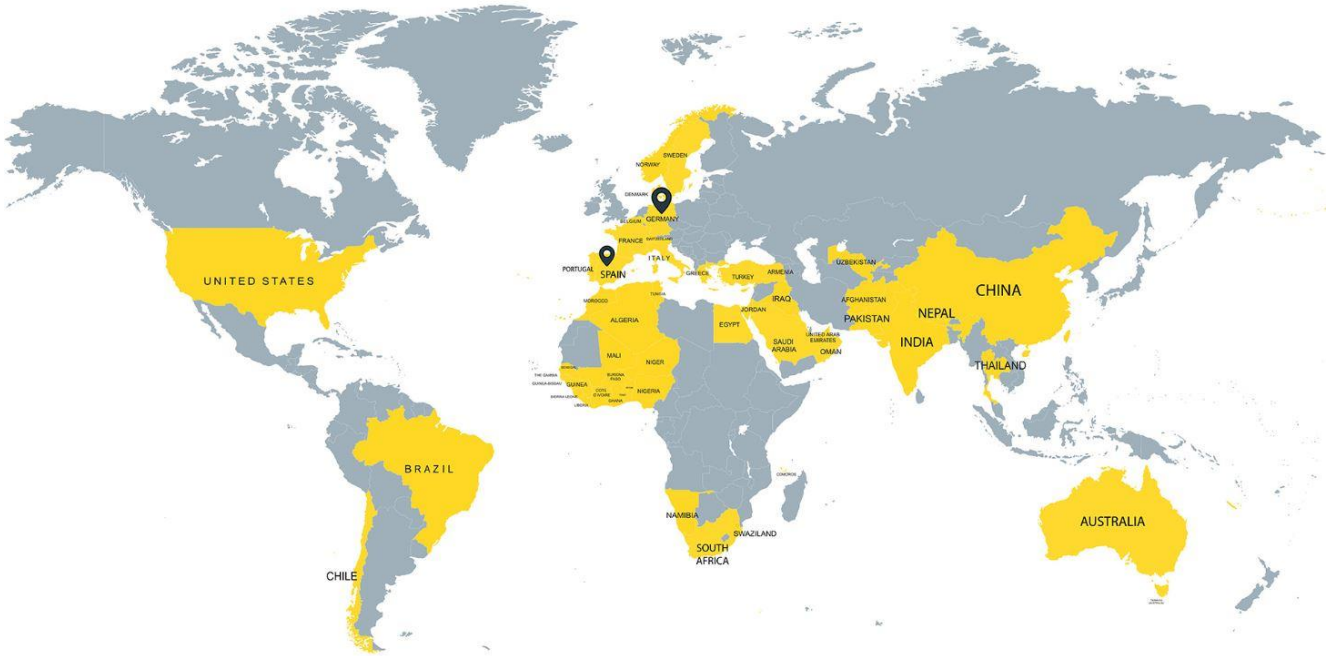




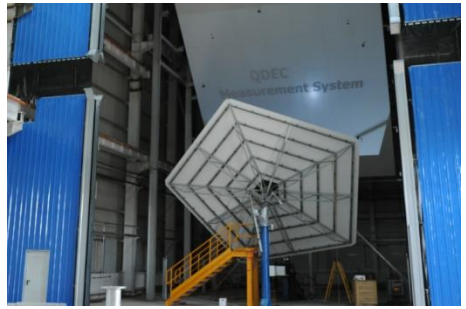
Más información: https://www.cspservices.de

Nuestra experiencia

- Amplia experiencia en control de calidad durante la construcción y optimización de centrales solares
- Más de 500 proyectos industriales de éxito con más de 200 clientes en el sector CSP y la energía solar
- Contribución a más del 90% de todos los campos solares CSP instalados en el mundo















Proyectos seleccionados: https://www.cspservices.de/projects/

Nuestros clientes

Principales tipos de clientes:

- Promotores de proyectos
- Consultores técnicos
- Contratistas EPC
- Fabricantes de componentes
- **Propietarios de plantas**
- **Empresas de O&M**
- Entidades de financiación
- Entidades gubernamentales



El reto:

Daños masivos en los receptores de las centrales cilindroparabólicas por exceso de hidrógeno

¿Por qué el hidrógeno provoca daños en los receptores?

- El fluido térmico (“HTF”) que se usa se degrada lentamente y forma hidrógeno
- El hidrógeno se acumula en el HTF y penetra en el vacío de los receptores
- Una vez alcanzada la capacidad de los captadores (“getters”), las pérdidas de calor aumentan drásticamente (~4x)
- Esto ocurre mucho antes de lo previsto (después de unos 7-12 años en lugar de >25 años)
- En pocos años más del 50% del campo puede verse afectado, reduciendo la producción anual de energía en un ~20%

➢ **Cambio o reparación costosos de los receptores**
➢ **La reparación recupera el rendimiento sólo en parte**

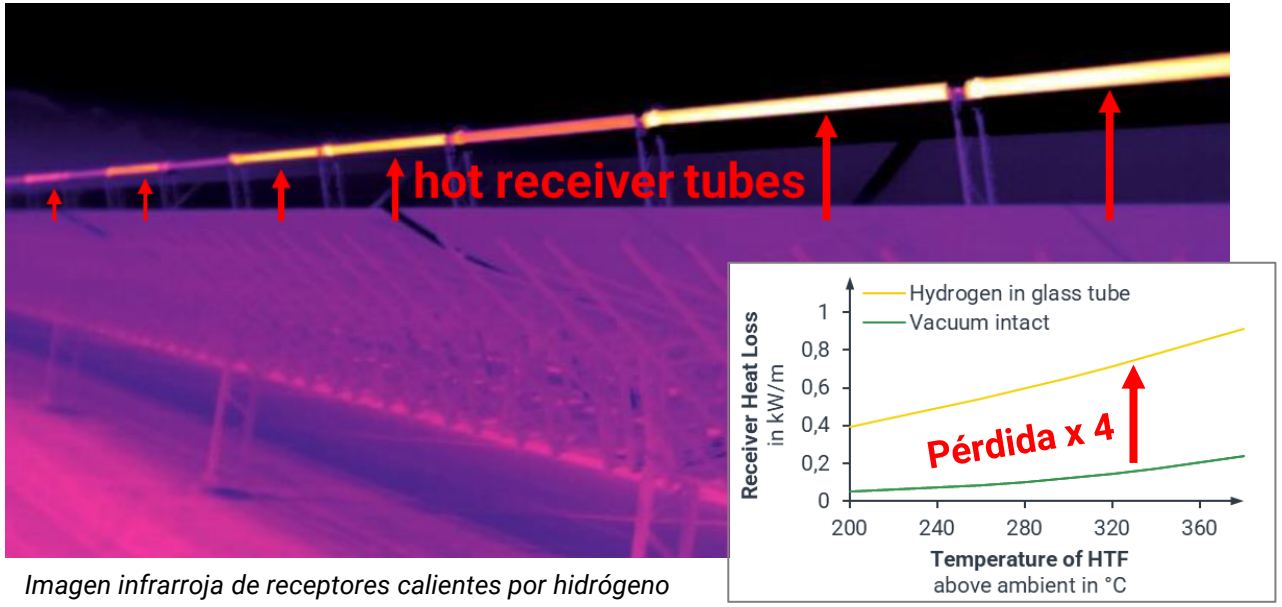
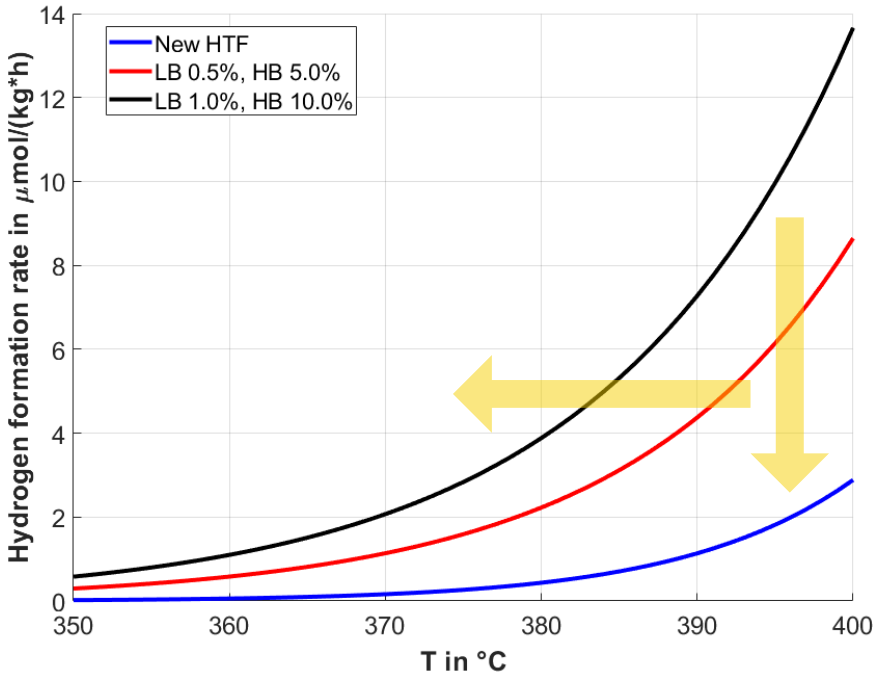


Imagen infrarroja de receptores calientes por hidrógeno

Opciones convencionales para la reducción del hidrógeno

1) **Ventilación activa** de la atmósfera de gas para eliminar el hidrógeno (utilizando el sistema de Ullage existente)
2) **Mejora de la calidad del HTF** para reducir la formación de hidrógeno (ya que depende de la cantidad de productos de degradación)
3) **Reducción de la temperatura máxima de funcionamiento** para disminuir la formación de hidrógeno (ya que depende exponencialmente de la temperatura)

➢ Todas **estas medidas** reducen algo las concentraciones de hidrógeno, pero **no son suficientes** para afrontar el reto del hidrógeno



Formación de hidrógeno en función de la temperatura y la calidad del HTF

La solución:

Sistema de extracción de hidrógeno HyMATE

HyMATE: Introducción

Conclusión alcanzada por reputados expertos en CSP en su reciente "Estudio sobre mejores prácticas en CSP":

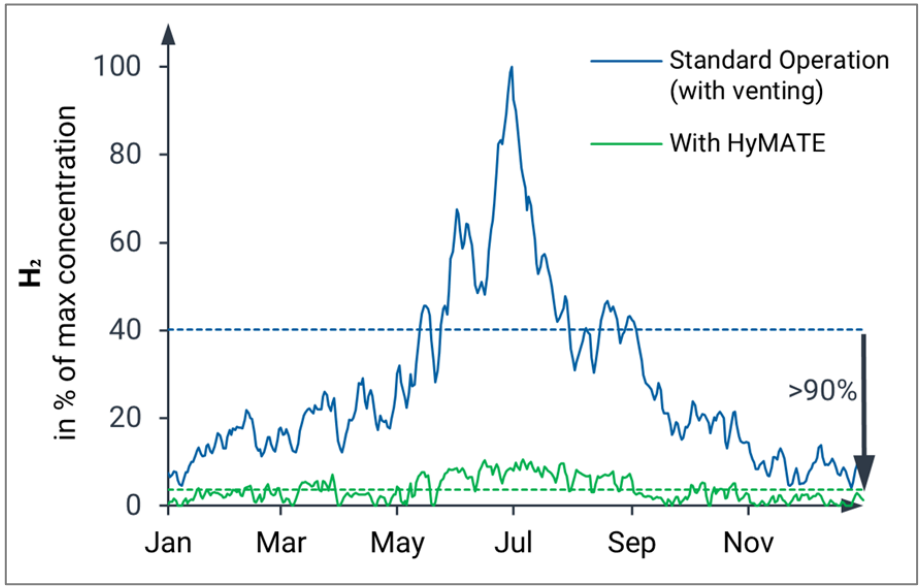
- "El hidrógeno se considera la cuestión más importante en las centrales cilindroparabólicas" ([1] Apéndice C, página 247)
- "Debería estudiarse la posibilidad de instalar un dispositivo para eliminar el hidrógeno del sistema de expansión" ([1] página 155)

HyMATE: Un sistema automatizado que elimina continuamente el hidrógeno del sistema HTF utilizando una membrana selectiva.

Características principales:

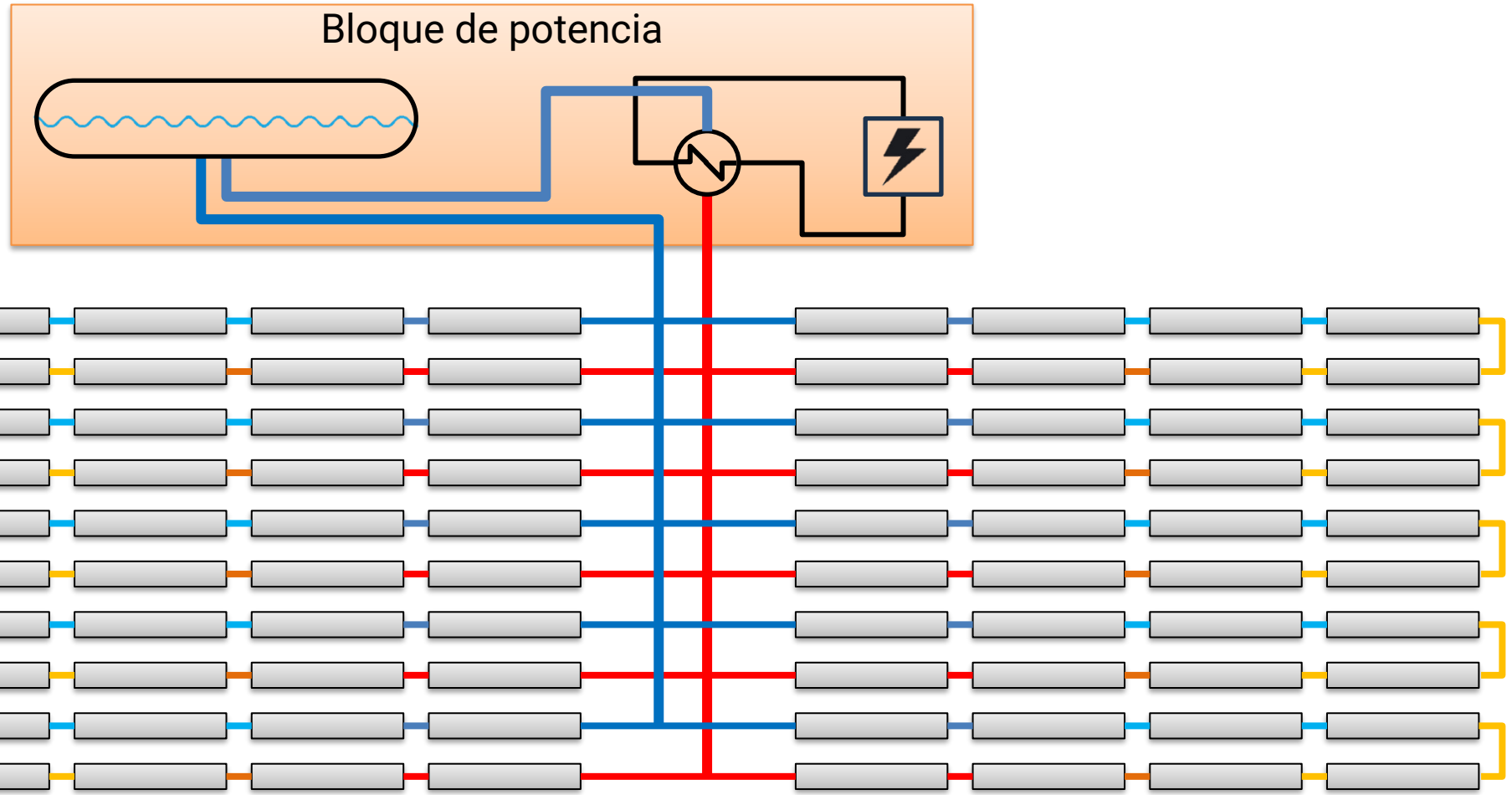
- Eliminación eficaz del hidrógeno (>90%)
- Control automático de la concentración de hidrógeno
- Respetuoso con el medio ambiente: sólo libera agua limpia

- **Impacto inmediato** en el nivel de hidrógeno (en pocos días <10% restante)
- **Solución permanente**



[1] Mehos, Mark, et al. "Concentrating Solar Power Best Practices Study". Laboratorio Nacional de Energías Renovables, Solar Dynamics, LLC. https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75763.pdf

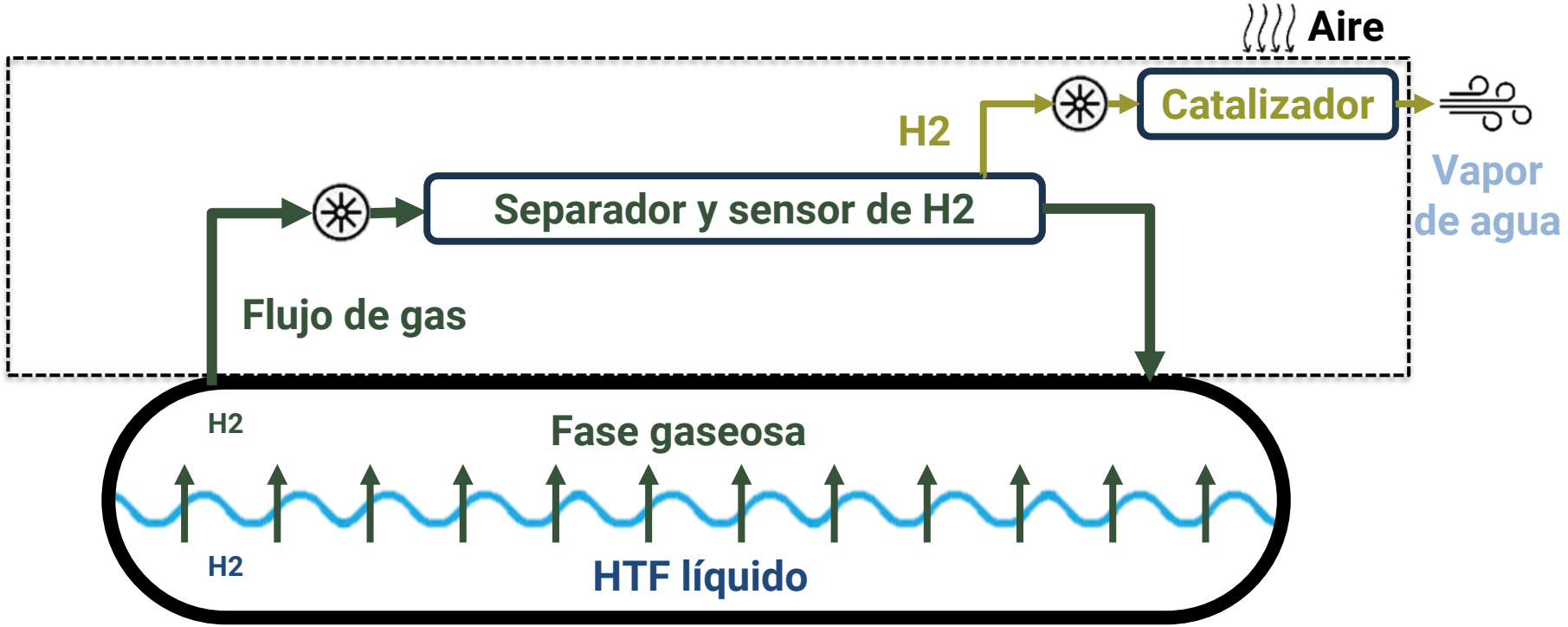
HyMATE: Principio de funcionamiento



HyMATE: Principio de funcionamiento

Sistema HyMATE

Vaso de expansión



- **El hidrógeno se elimina del HTF tratando la atmósfera de gas del vaso de expansión.**

HyMATE: ¿Qué puede esperar?

Implementación sencilla:

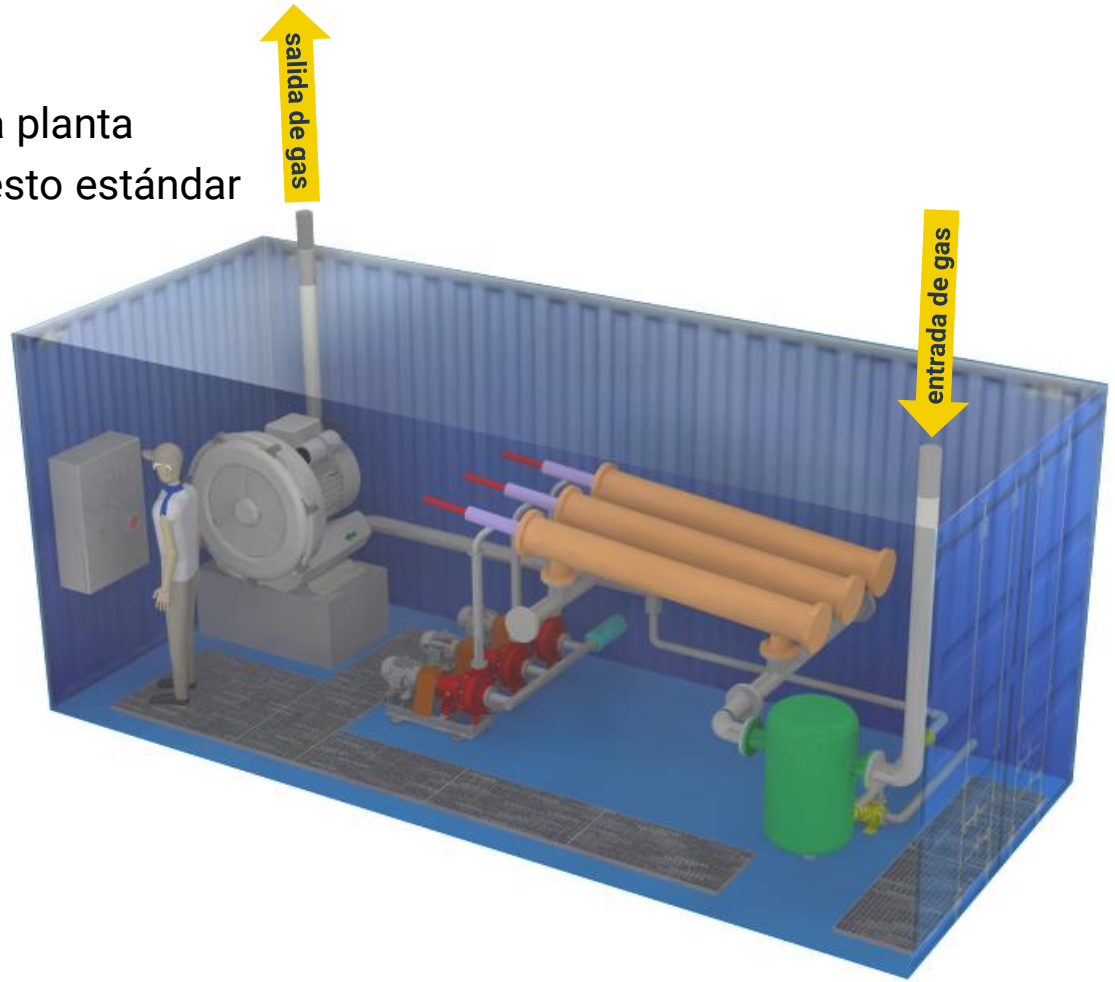
- Solución en contenedor: Premontaje completo y envío sencillo
- Personalización: Capacidad de extracción específicos para cada planta
- Diseño modular: Alta disponibilidad del sistema, piezas de repuesto estándar
- Sistema llave en mano: Instalación y puesta en marcha rápidas
- Alta calidad: Fabricado, probado y certificado en Alemania

Funcionamiento sin preocupaciones:

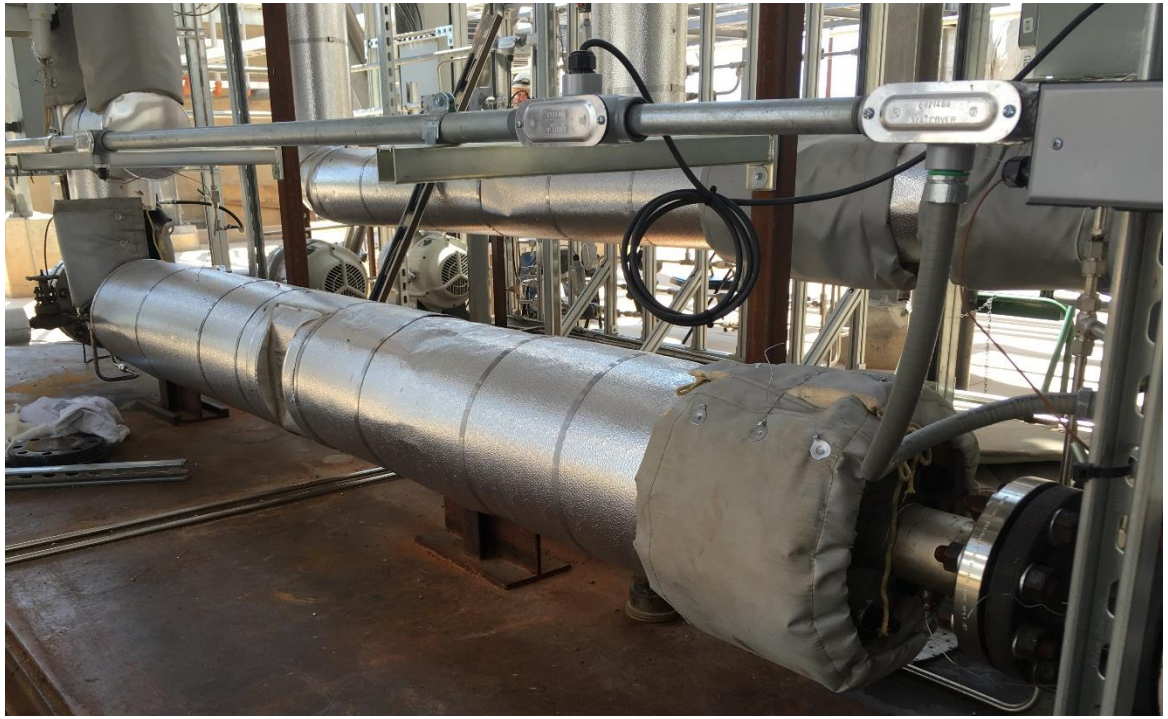
- Fácil de operar y mantener
- Componentes duraderos, sin desgaste en las membranas
- Contratos de mantenimiento y servicio completo disponibles

Solución segura:

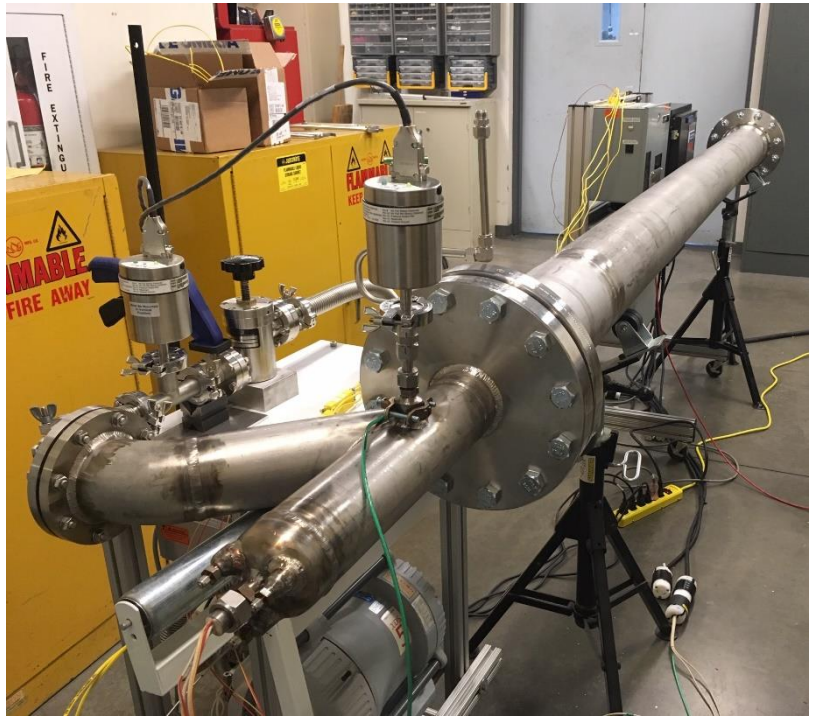
- ➢ **Garantía total sobre el funcionamiento del sistema**
- ➢ **Niveles de hidrógeno bajos ("saludables") garantizados**



Referencia: Sistema a escala real en funcionamiento en NSO



*Módulo de extracción de hidrógeno del sistema instalado en Nevada Solar One, EE.UU. (64MW)**



Sistema desmantelado

- En funcionamiento regular desde 2022
- Rendimiento fiable del sistema demostrado
- Reducción de hidrógeno de más del 80% verificado (rendimiento según diseño)

* Basado en esta tecnología desarrollada por NREL y con licencia exclusiva de CSP Services, HyMATE se ha desarrollado como una versión comercial avanzada

Evaluación de costes

Evaluación de costes de HyMATE

Los siguientes casos ejemplares se analizan en función de sus costes relacionados, las concentraciones de hidrógeno resultantes y el efecto en los daños de los receptores para evaluar las diferencias de costes globales:

1) Escenario operativo básico

- Planta de 50 MW con TES, 150 GWh/año de producción neta
- 2000 t HTF, 22 500 receptores
- Límite de temperatura HTF 394°C
- Límite de calidad HTF: 1%/10% LB/HB
- Ventilación activa para reducir el hidrógeno (cada dos días)
- Inicio de la explotación: 2011 (actualmente 14^0 año)

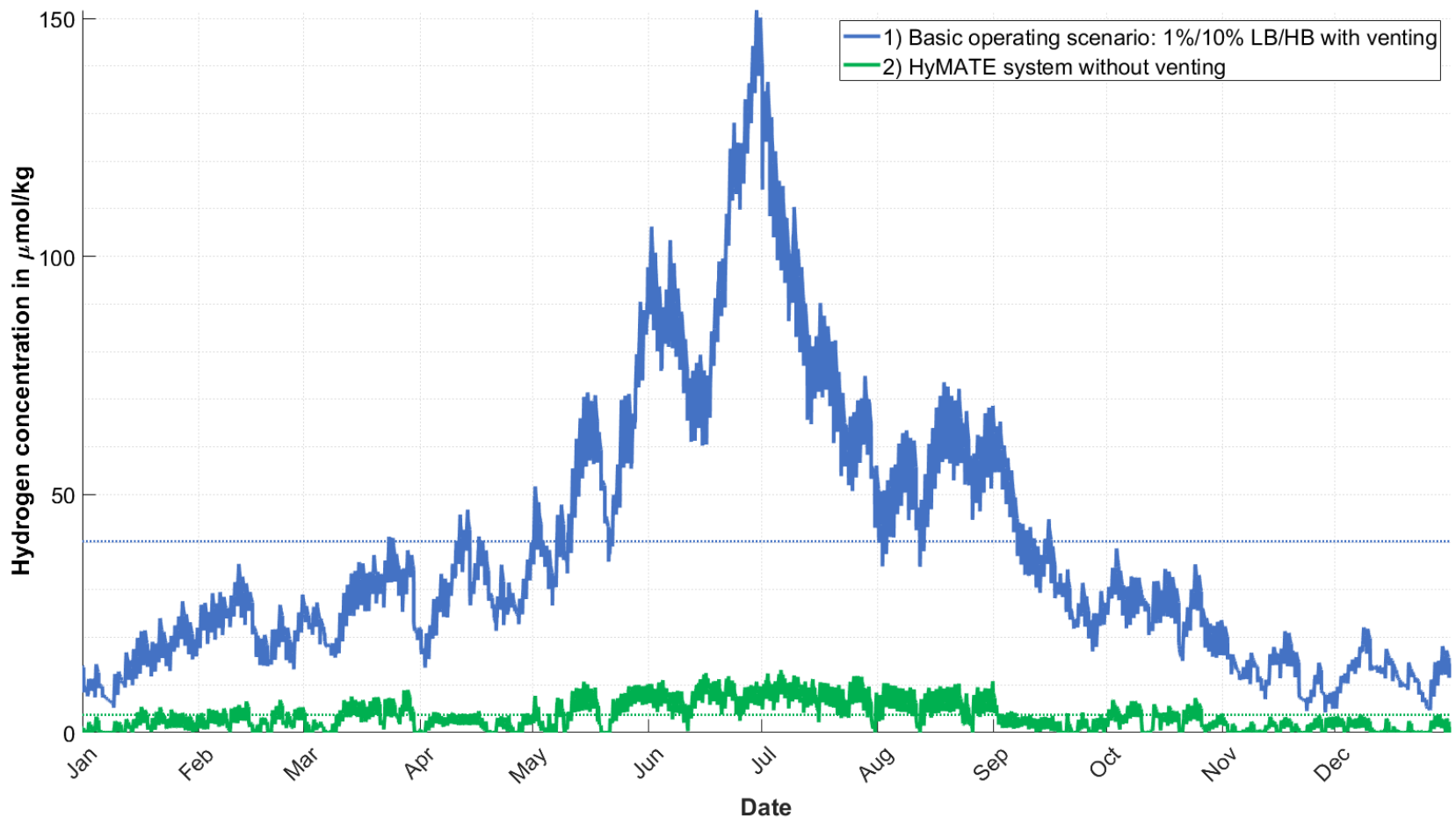
← Se supone que es una medida estándar que ya se utiliza en la mayoría de las plantas

2) Sistema de mitigación de hidrógeno - HyMATE

- Igual que caso 1, pero
- Instalación del sistema HyMATE en año 14
- Sin ventilación activa

← Ya no es necesario con HyMATE

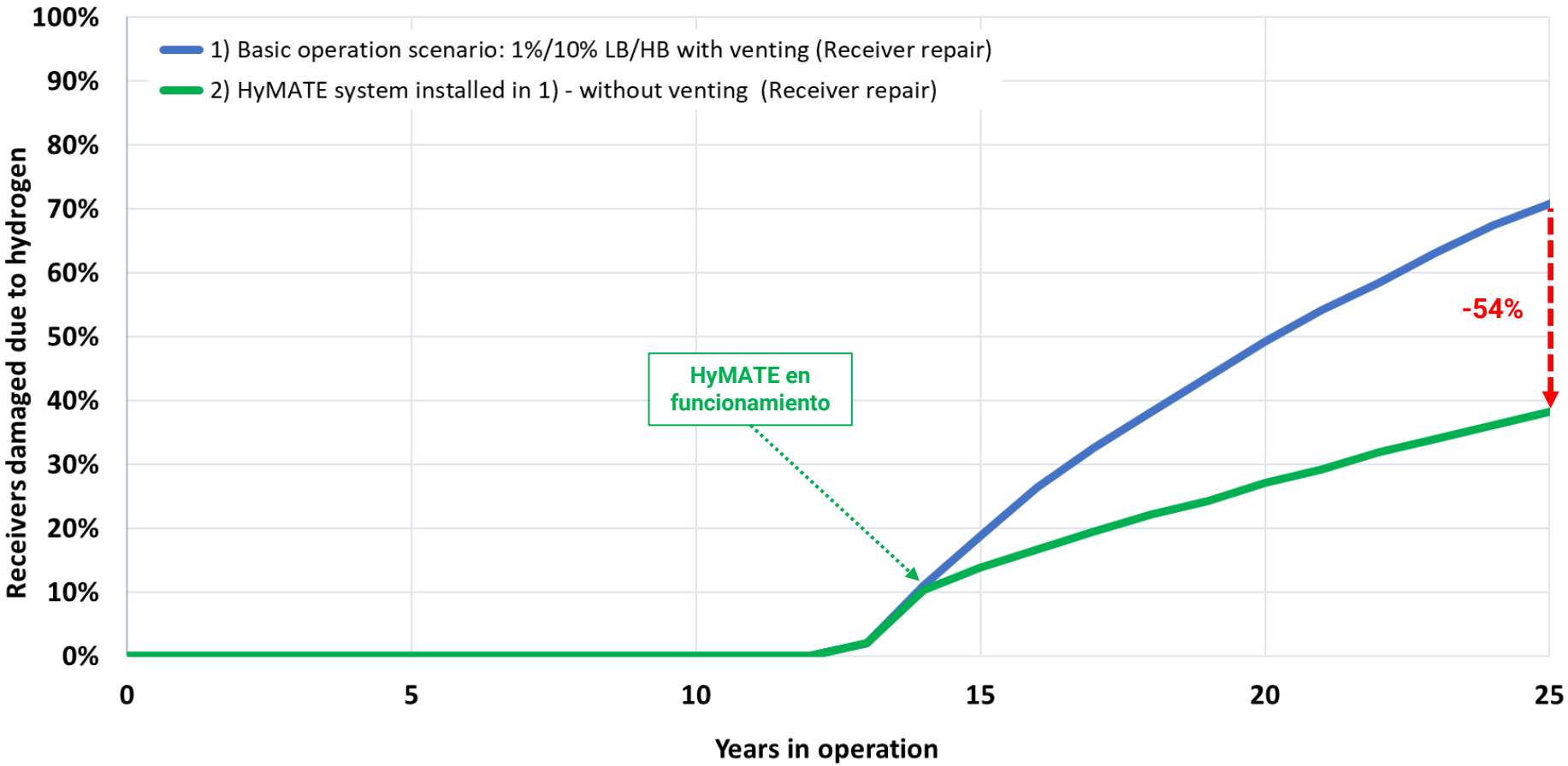
Comparación de las concentraciones de hidrógeno



Concentraciones de hidrógeno a lo largo de un año con y sin HyMATE:

- **El caso base** da lugar a concentraciones de hidrógeno elevadas, sobre todo en los meses de verano
- **HyMATE** reduce considerable-mente los niveles de hidrógeno
- **La concentración media se reduce de 40 a 3,7 µmol/kg (reducción del 91%).**

Daños en los receptores



Caso 1: Escenario básico

- Primeros daños en el año 13
- ~ 71% receptores dañados en el año 25

Caso 2: Sistema HyMATE instalado en el año 14

- Daños reducidos a partir del año 14
- ~ 38% de receptores dañados en el año 25
- **La tasa de fallos en los receptores se reduce en un 54%.**

Comparación de costes (estimaciones)

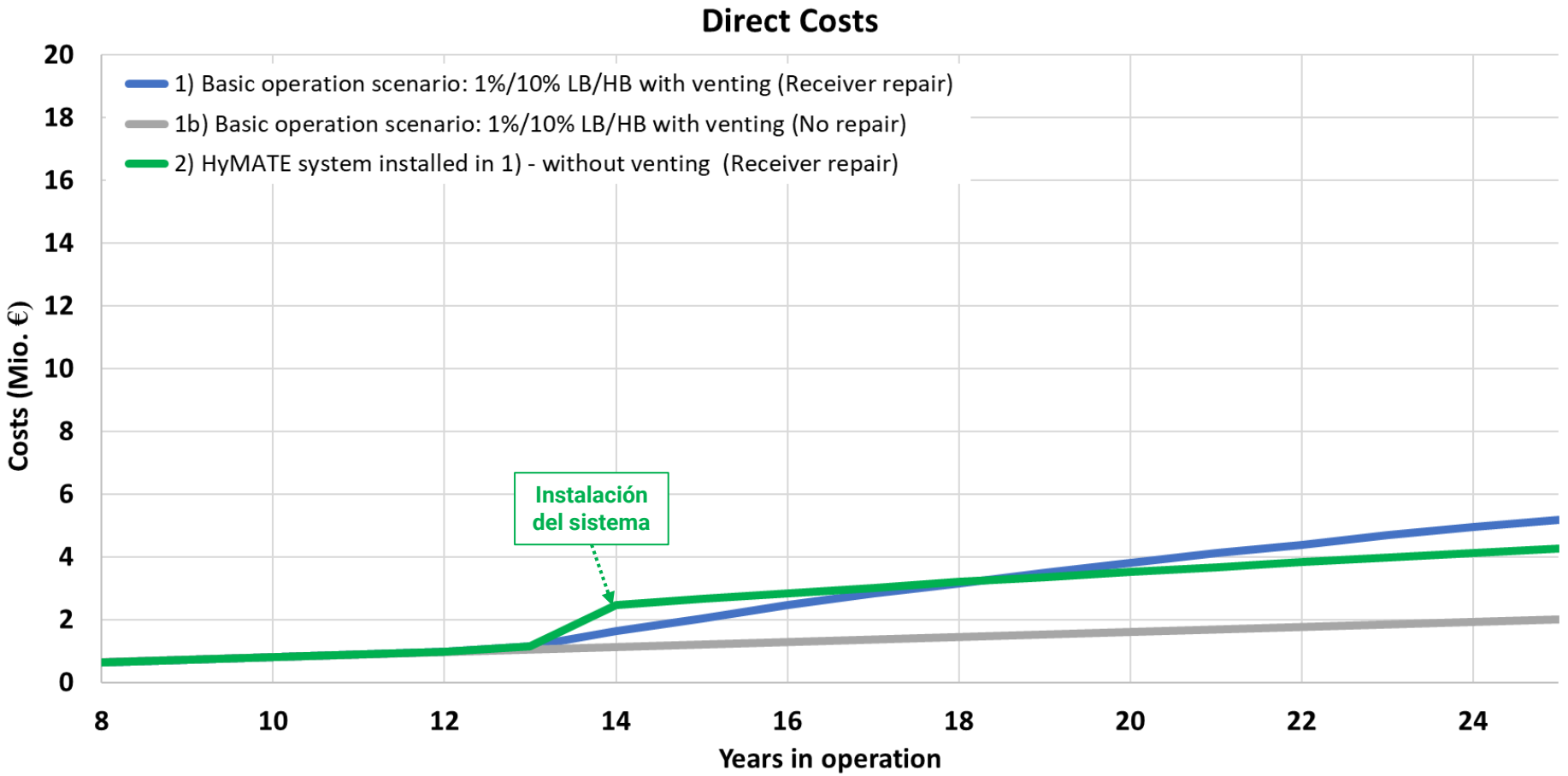
- **Ventilación activa**
  - Aumento de los costes anuales por recarga de nitrógeno, cambio de filtros y esfuerzo para realizar la ventilación (80.000 euros)
- **Sistema HyMATE**
  - Coste inicial del sistema (0,9 millones de euros) + costes anuales de funcionamiento (50.000 euros)

- **Daños de los receptores** (en su caso)
  a) **Sin reparación**: pérdida de ingresos debido a la menor eficiencia de los receptores dañados
  (0,4% de pérdida de rendimiento por cada 1% de receptores dañados, 0,09 €/kWh de media)
  b) **Sustitución de receptores**: gastos únicos de cambio (1.000 euros por tubo receptor)
  c) **Reparación de receptores**: costes únicos de reparación (200 euros por tubo receptor)
  + pérdida de ingresos debida al menor rendimiento de los tubos reparados
  (0,09% de pérdida de rendimiento por cada 1% de receptores reparados, 0,09 €/kWh de media)

- **Tratamiento HTF**
  - Costes de tratamiento (800 euros por mT) y sustitución (3300 euros por mT)

➢ Las siguientes páginas presentan 1) Costes directos, 2) Pérdidas de producción, 3) Costes de tratamiento HTF y 4) Costes combinados.

Costes directos de las diferentes medidas

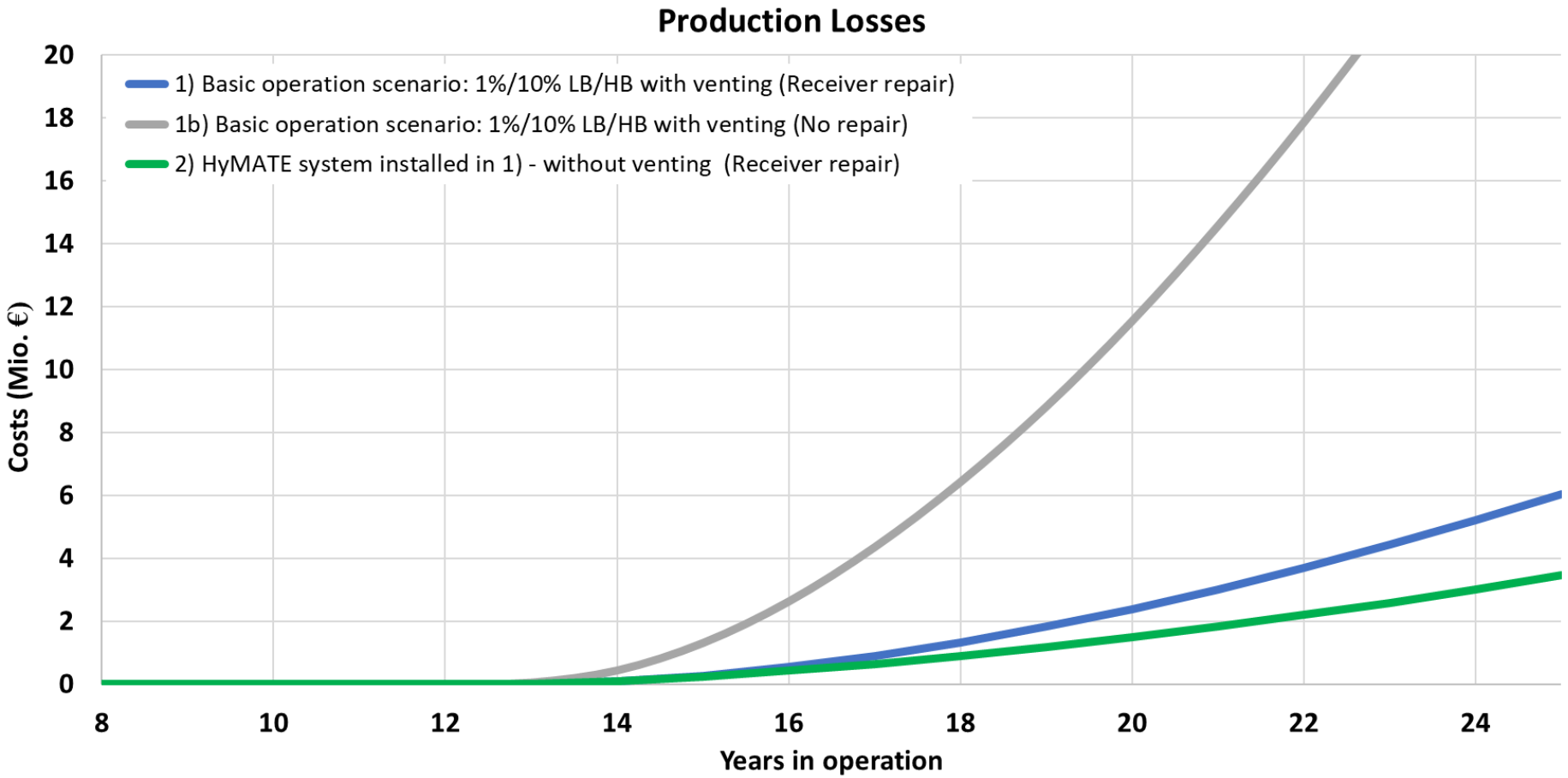


Costes directos de todos los casos, incluidos:

- Ventilación (si se hace)
- Reparación del receptor (si se ha realizado)
- Equipo CAPEX + OPEX (HyMATE)

➢ **Sin sistema y sin reparación de tubos (gris) los costes directos son menores, pero...**

Pérdidas de producción por daños en los receptores



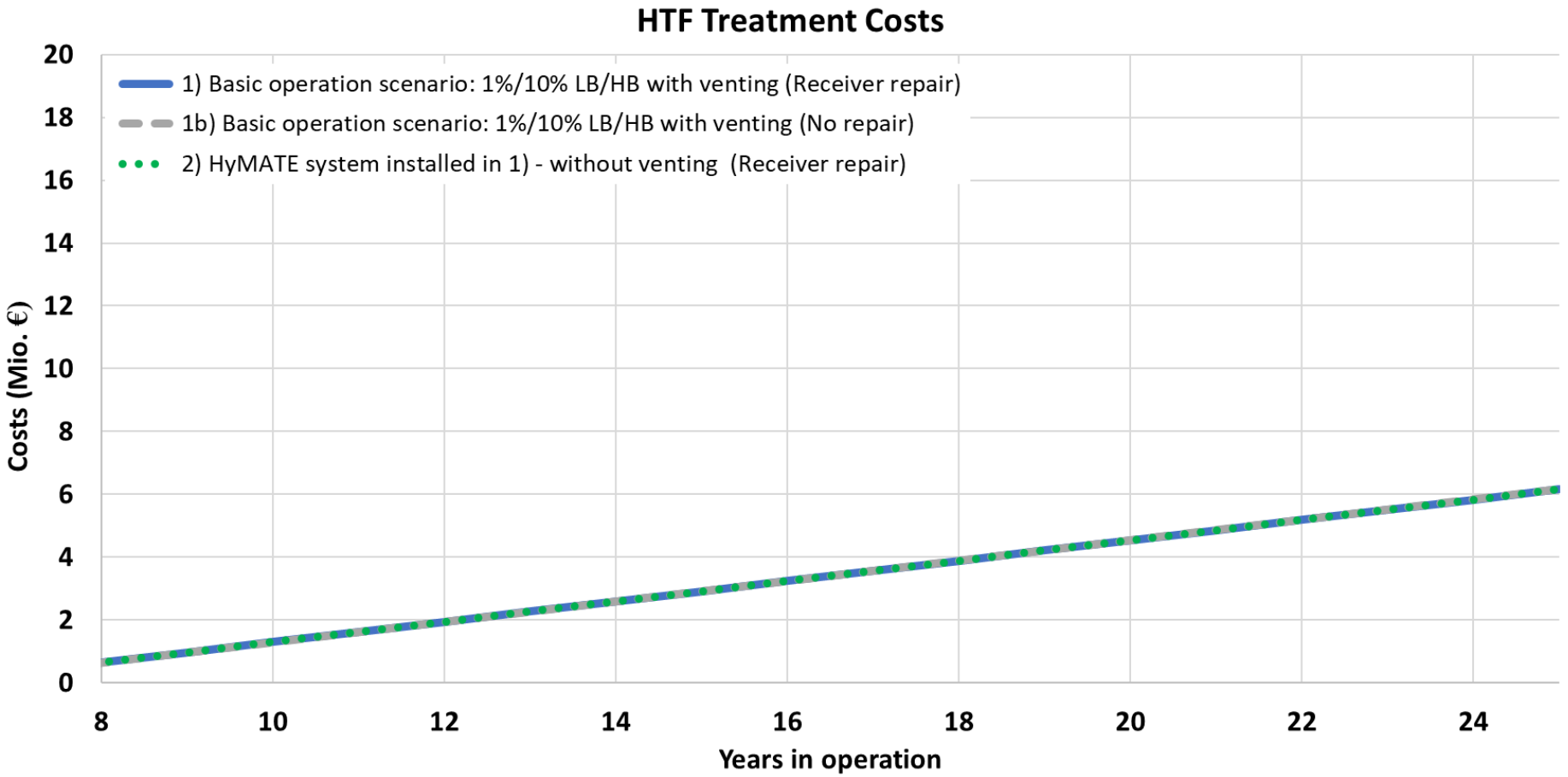
Pérdidas de producción de todos los casos debidas a:

- Elevadas pérdidas térmicas de los receptores dañados
- Eficacia reducida de los receptores reparados

➢ **Sin reparación (gris) con diferencia las mayores pérdidas**

➢ **Escenario básico (azul) con pérdidas claramente superiores al sistema HyMATE (verde)**

Costes de tratamiento del HTF



Costes de tratamiento del HTF debidos a:

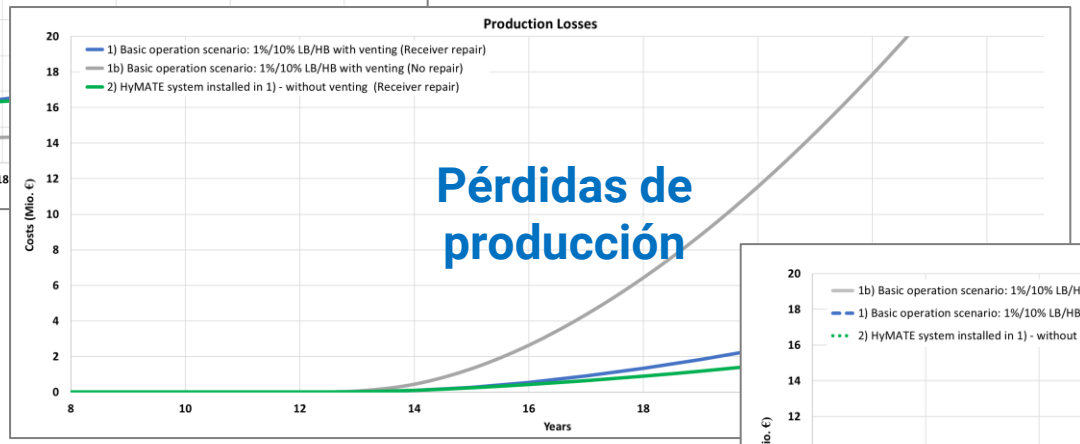
- Extracción continua de productos de degradación (LB/HB) y sustitución por HTF nuevo
- Posible coste único de eliminación significativa para mejorar la calidad del HTF (si se realiza)

➢ **Todos los casos (azul, gris, verde) con el mismo tratamiento HTF para mantener el límite de 1%/10% de LB/HB con costes anuales constantes**

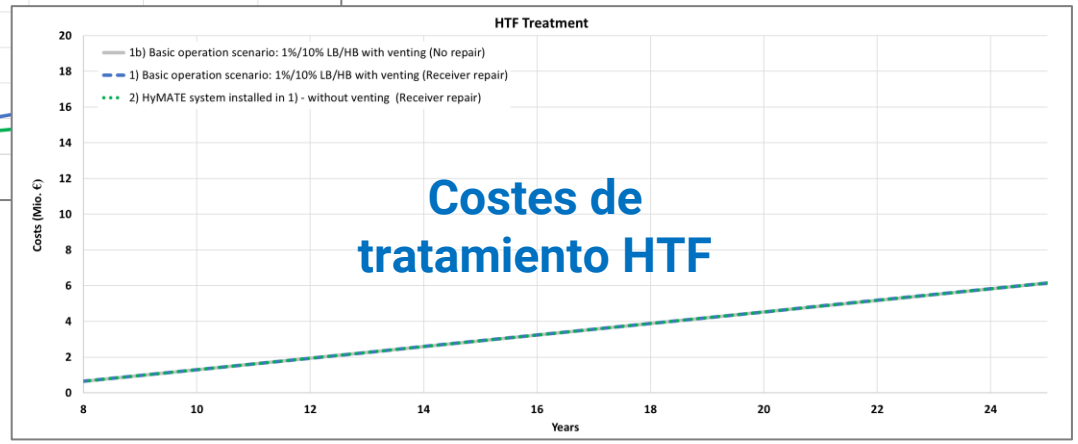
Costes totales



+

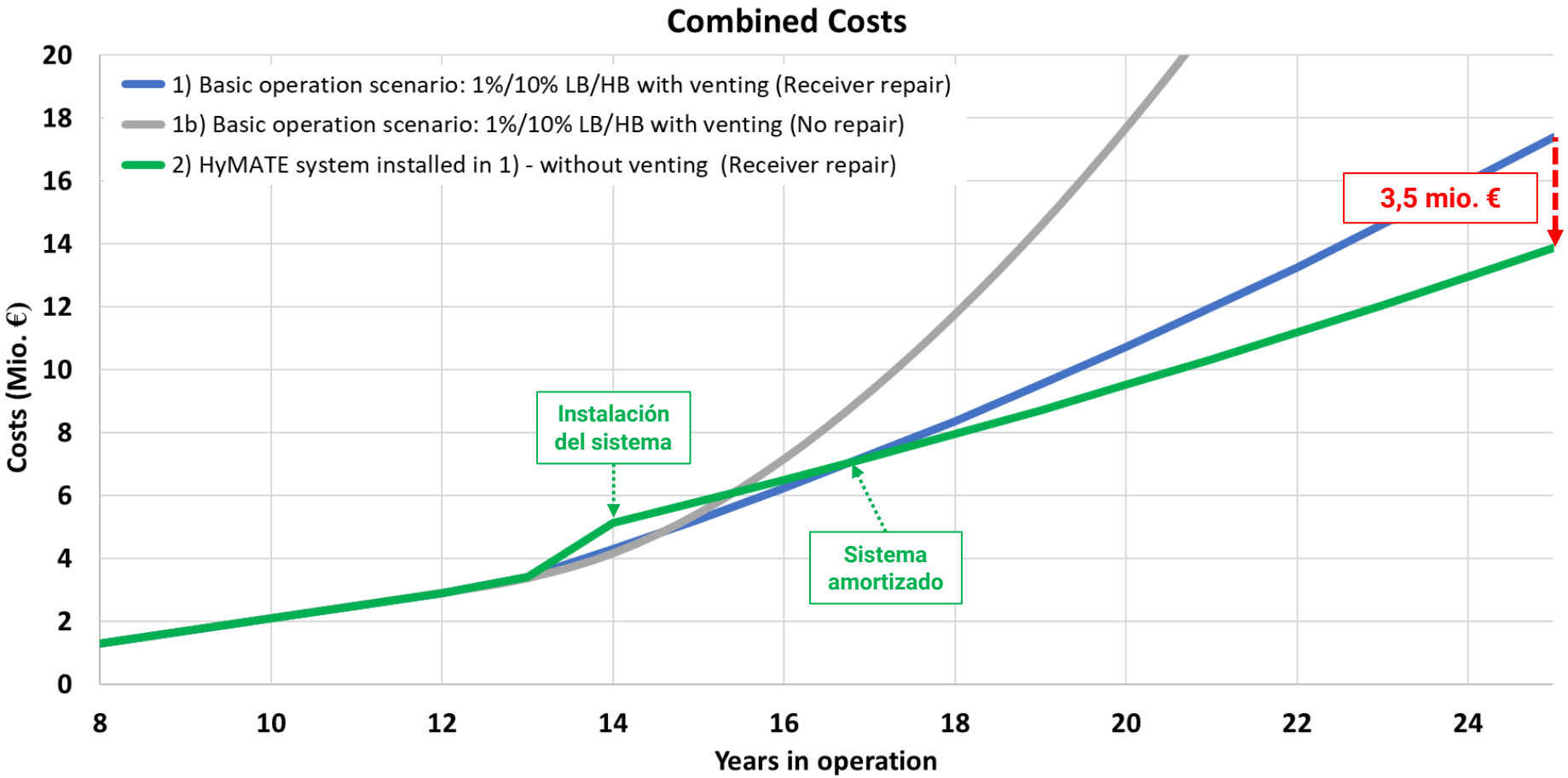


+



= Costes combinados (costes totales)

Resultados de la evaluación de costes

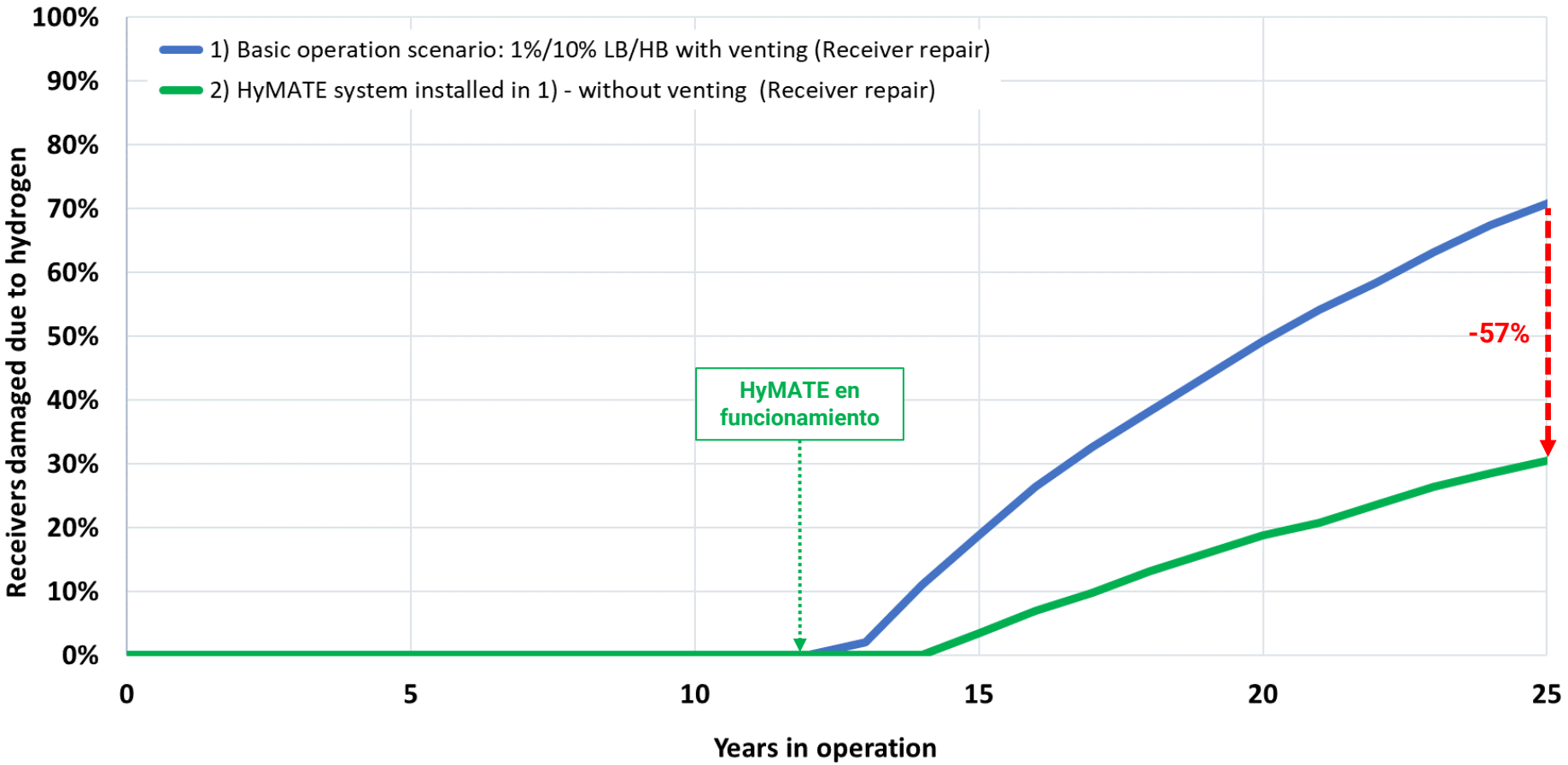


- **Ahorro de 3,5 millones de euros con una inversión de 900.000 euros**
- **Tiempo de amortización 3 años**

Costes combinados con
- Costes directos
- Pérdidas de producción
- Tratamiento del HTF

- **La no reparación (gris)** de los receptores calientes provoca rápidamente las mayores pérdidas
- **La reparación de los receptores (azul)** es mejor, pero conlleva las pérdidas correspondientes
- **Sistema HyMATE (verde) es el caso más económico** (se prolonga la vida útil de los receptores: menos reparaciones y menos pérdidas de producción)

Daños en los receptores (2º escenario)



Mismo caso que el anterior, pero considerando que los receptores más calientes tienen un 10% de capacidad restante (en el año 12)

Caso 1: Caso base

- Primeros daños en el año 13
- ~ 71% receptores dañados en el año 25

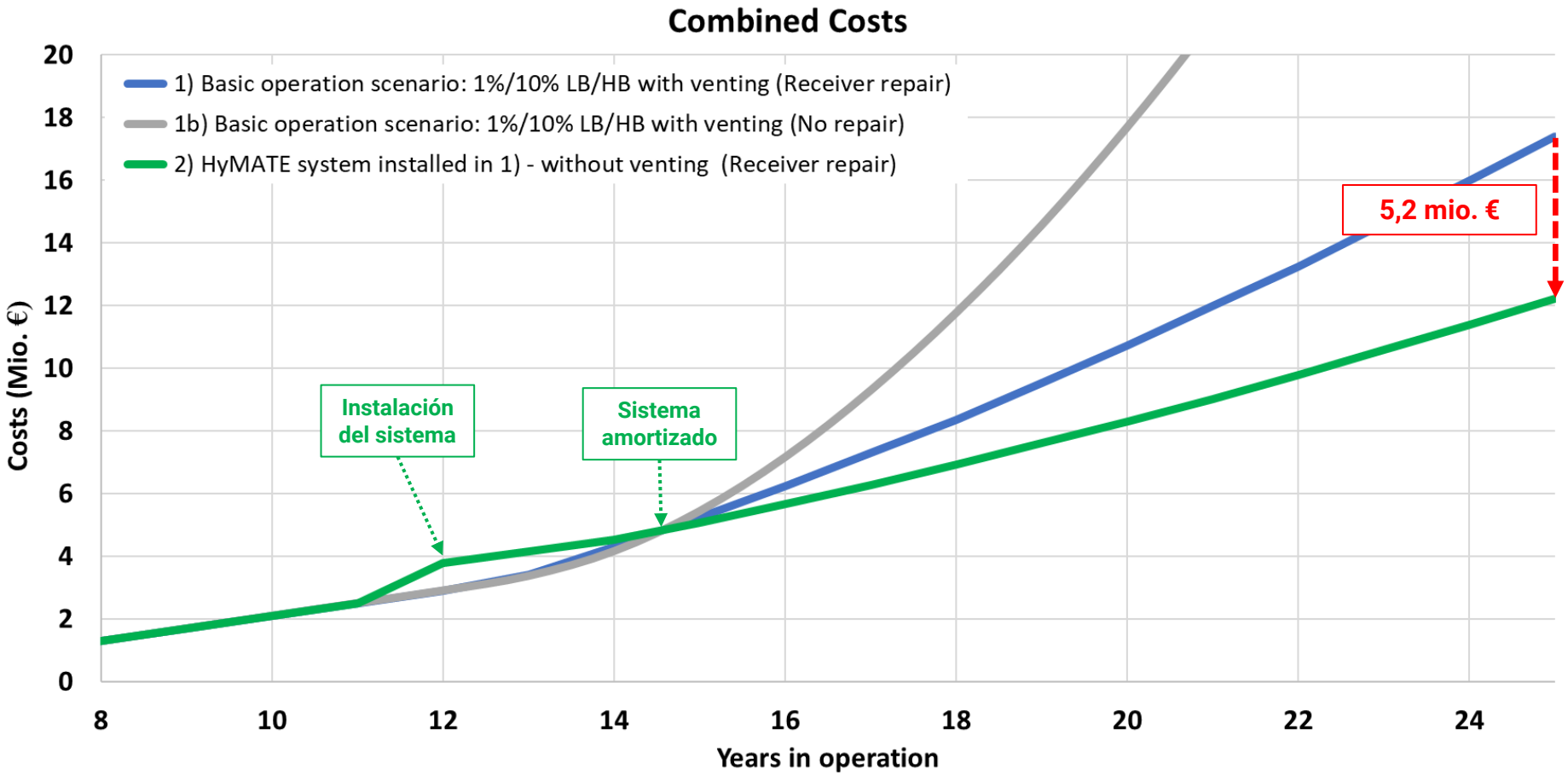
Caso 2: Sistema HyMATE

instalado en el año 12

- Retraso en el inicio de los daños e incremento más lento
- ~ 31% de receptores dañados en el año 25
- **La tasa de fallos se reduce en un 57%**

- **Evite daños masivos en los receptores mediante la extracción de hidrógeno: cuanto antes, mejor!**

Resultados de la evaluación de costes (2º escenario)



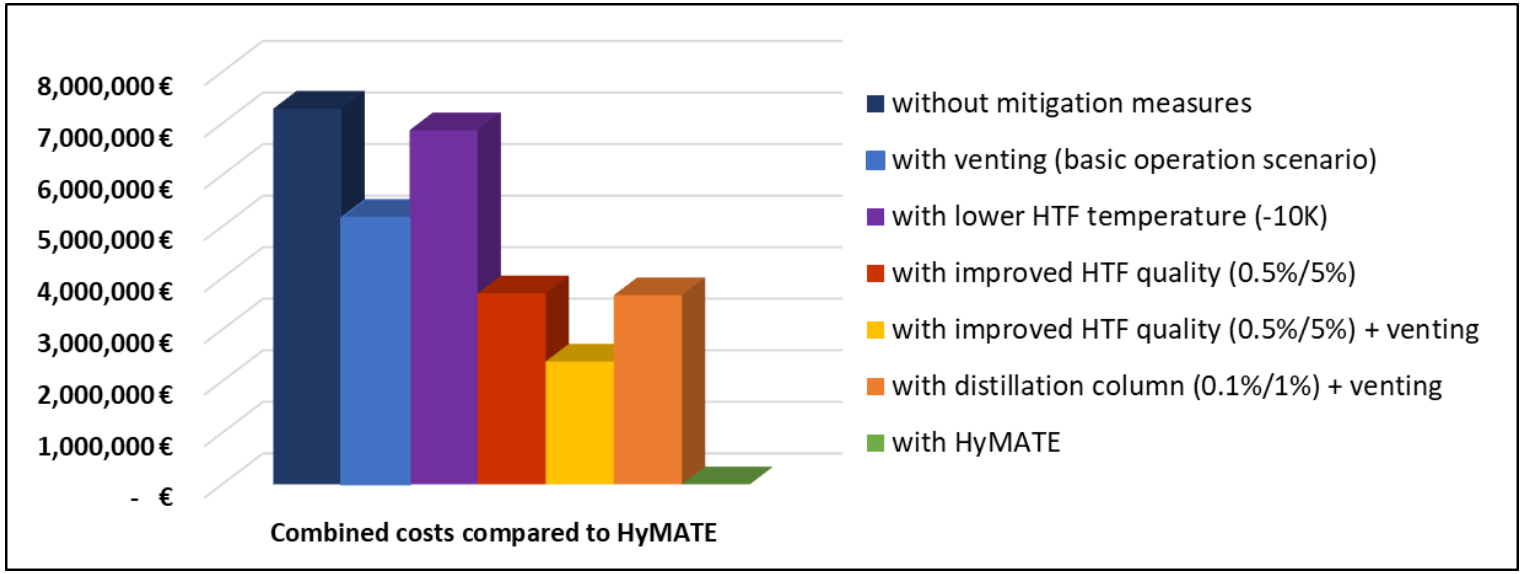
- **Ahorro de 5,2 millones de euros con una inversión de 900 000 euros**
- **Tiempo de amortización de unos 2,5 años**

Costes combinados con
- Costes directos
- Pérdidas de producción
- Tratamiento del HTF

- **La no reparación (gris)** de los receptores calientes provoca rápidamente las mayores pérdidas
- **La reparación de los receptores (azul)** es mejor, pero conlleva las pérdidas correspondientes
- **Sistema HyMATE (verde) es el caso más económico** (se prolonga la vida útil de los receptores: menos reparaciones y menos pérdidas de producción)

Resultados de la evaluación de costes (casos adicionales)

De numerosos casos y variaciones analizados se presentan los más relevantes.
Todos los casos son con reparación de los tubos y las diferentes estrategias de mitigación se aplican a partir del año 12 (*2º escenario*).



Las principales conclusiones son:

- ***La ventilación*** reduce los niveles de hidrógeno y es económicamente beneficiosa (comparado con no hacer nada)
- ***Bajar la temperatura del HTF*** reduce el hidrógeno, pero afecta significativamente al rendimiento de la planta -> económicamente es neutral
- ***Mejorar la calidad del HTF*** reduce los niveles de hidrógeno y es económicamente beneficioso (comparado con no hacer nada)
- ***Una columna de destilación*** reduce los niveles de hidrógeno, pero tiene costes muy elevados y es menos efectiva que HyMATE
- ***HyMATE*** **ofrece la mejor solución con los niveles más bajos de hidrógeno y el menor coste global**

Resumen

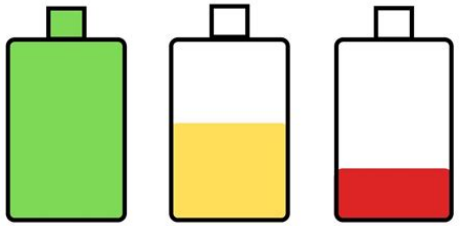
HyMATE:

- Eliminación constante y eficaz del hidrógeno
- Implementación sencilla
- Impacto inmediato en el nivel de hidrógeno
- Control constante de las concentraciones de hidrógeno

➢ **La solución más económica y eficaz** para evitar daños en los tubos receptores y pérdidas relacionadas

➢ **Cuanto antes, mejor!**

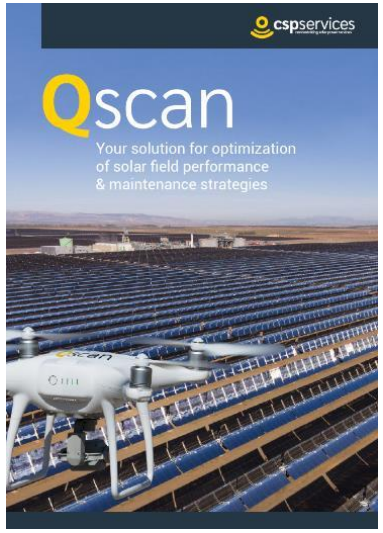
- Cuanto mayor sea la capacidad restante de los captadores, mayor será el aumento de la vida útil
- Cuanto antes se reduzca efectivamente el hidrógeno, menores serán los costes totales

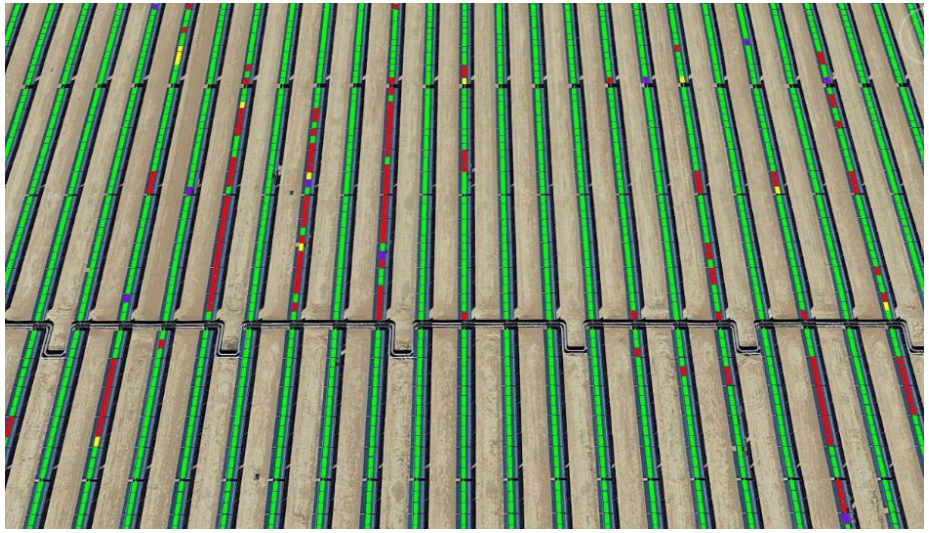


➢ **Un único proveedor:** CSP Services ofrece el paquete de servicios completo incluyendo diseño del sistema, envío, instalación, puesta en marcha, formación, mantenimiento y garantías

Estamos aquí para ayudarle!

- **Modelización y evaluación específicas de su caso**
- **Análisis de HTF**
  - Todo tipo de análisis, especialmente de hidrógeno
- **Análisis de los receptores**
  - Medición de la saturación de los captadores
  - Medición del estado de los tubos con dron (QScan)
- **Asesoramiento sobre medidas de mitigación del hidrógeno**















Muchas gracias por su atención!

cspservices
concentrating solar power services

Contacto:

Steffen Ulmer
Director General

+34 667 709722
s.ulmer@cspservices.de

Thomas Schmidt
Jefe de Servicios de Fluidos y Componentes

+49 176 3263 9325
t.schmidt@cspservices.de

www.cspservices.de

El Proyecto RES País (o: este Proyecto) cuenta con el apoyo del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania en el marco del Programa de Soluciones en Energías Renovables de la la Iniciativa de Exportación de Energía.

MITTELSTAND GLOBAL ENERGY SOLUTIONS MADE IN GERMANY

Fomentado por:

Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima

en virtud de una decisión del Bundestag alemán

Implementado por:

dena Agencia Alemana de Energia