



Jornada sobre la aplicación de la Energía Solar Térmica en las Redes de Calor y Frío (SDH&C)

I+D+i Solar Térmico. Avances Tecnológicos para Redes de Calor

Jose Ignacio Ajona
jose.ignacio.ajona@seenso.es

13 de junio de 2018

SEENSO RENOVAL



Seenso Renoval



Seenso Renoval S.L.

- Fundada en 2004 como Wagner Solar. Cambio denominación en 2016.
- Empresa especialista en **energía solar T+FV**
- Foco en **aplicaciones industriales y redes de calor**
- Estrategia general:
 - Apuesta por los **servicios energéticos** en proyecto solares en Europa y Suramérica (Chile)
 - Apuesta por el **desarrollo tecnológico** y explotación de nuevos sistemas de aprovechamiento solar y eficiencia energética
 - Lechos para recuperación de calor
 - Concentrador para captador solar estático
 - Búsqueda de **sinergias** con otras empresas y organismos: Miembro de ASIT y Solplat

Seenso Renoval = Productos y servicios solares + Experiencia, desarrollo tecnológico y conocimiento técnico y de mercado



OBJETIVO:

Generar debate → Opciones Solar
Térmica



Elementos para el debate



Datos de partida

- Las renovables y la eficiencia como herramientas para descarbonizar la economía.
- Las demandas térmicas representan 50% de la demanda de la UÉ. **Propuestas** actuales:
 - Electrificación de la demanda, cubierta con renovables eléctricas (Eólica y FV) y bombas de calor
 - Renovables térmicas y calor residual integrados en **redes de calor y frío**: P.E
 - Heat Roadmap Europe : <http://solarheateurope.eu/>
 - UNEP “District Energy in Cities Initiative”
<http://www.districtenergyinitiative.org/>

UNEP: Eficiencia y renovables = Redes



DISTRICT ENERGY IN CITIES

Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME

UNEP in collaboration with

45 CITIES AROUND THE WORLD

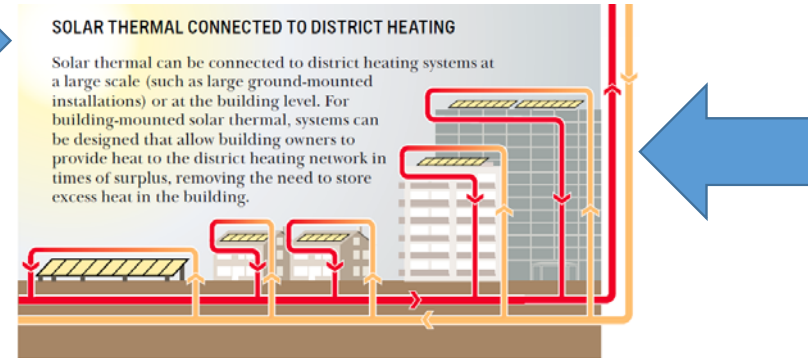
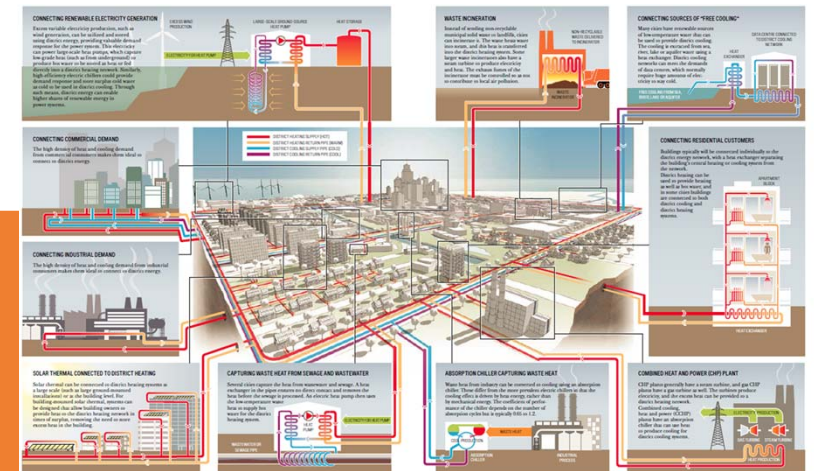
BOX 11

THE 45 CHAMPION CITIES FOR DISTRICT ENERGY USE ARE:

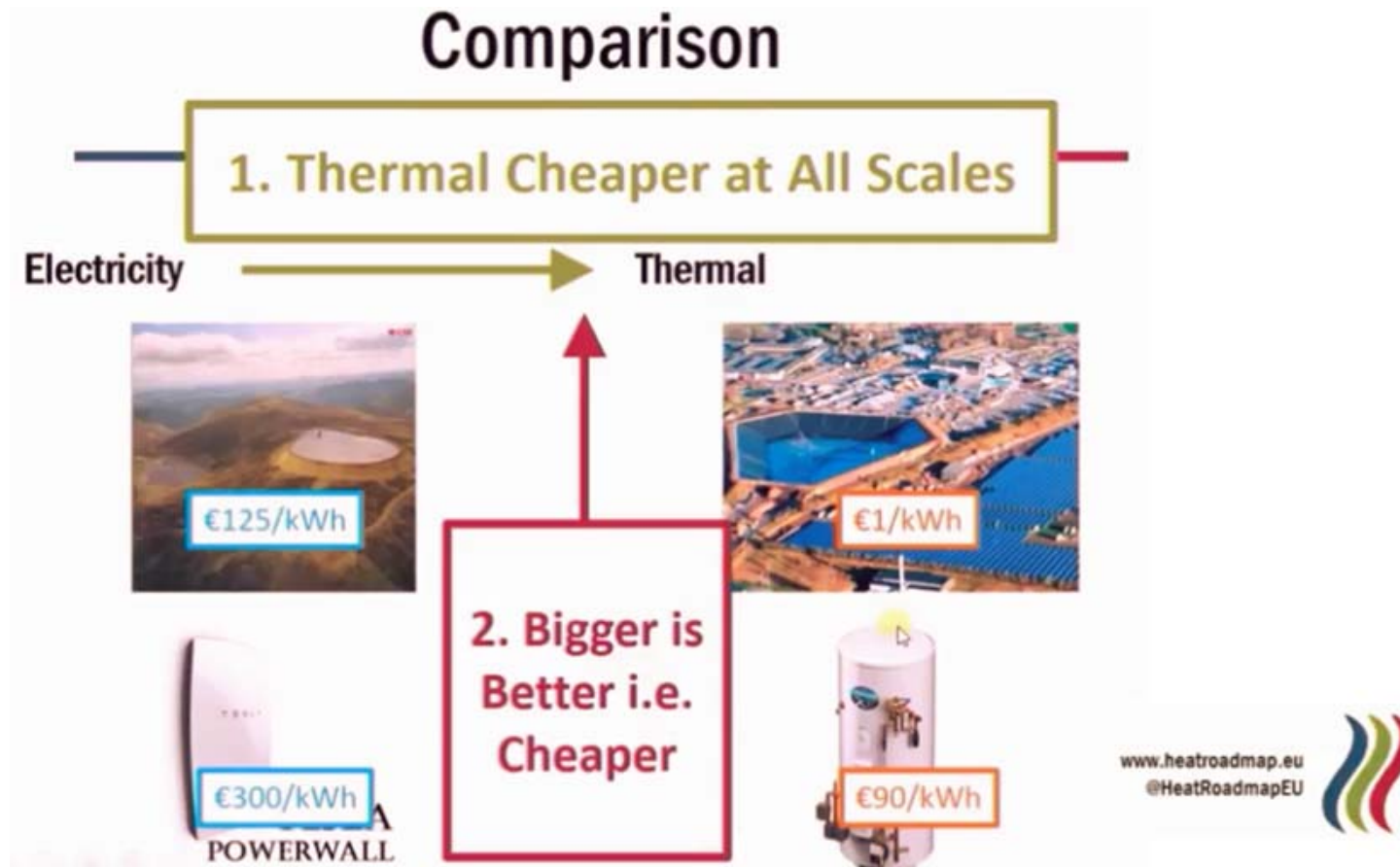
ABERDEEN, U.K.	MILAN, Italy
AMSTERDAM, The Netherlands	MUNICH, Germany
ANSHAN, China	OSLO, Norway
ARLINGTON COUNTY, USA	PARIS, France
BERGEN, Norway	PORT LOUIS, Mauritius
BOTOSANI, Romania	RIVADH, Saudi Arabia
BREST, France	ROTTERDAM, The Netherlands
CHRISTCHURCH, New Zealand	SEATTLE, USA
COPENHAGEN, Denmark	SEOUL, South Korea
CYBERJAYA, Malaysia	SINGAPORE, Singapore
DOHA, Qatar	SONDERBORG, Denmark
DUBAI, United Arab Emirates	ST. PAUL, USA
FRANKFURT, Germany	TOKYO, Japan
GENOA, Italy	TORONTO, Canada
GIFT CITY, India	VANCOUVER, Canada
GOTHENBURG, Sweden	VÄXJÖ, Sweden
GUELPH, Canada	VELENJE, Slovenia
GÖSSING, Austria	VILNIUS, Lithuania
HELSINKI, Finland	WARSAW, Poland
HONG KONG, China	YEREVAN, Armenia
IZMIR, Turkey	
KUWAIT CITY, Kuwait	
ŁÓDŹ, Poland	
LONDON, U.K.	
MALMO, Sweden	

The 45 champion cities collectively have installed more than 90 gigawatts (GW) of district heating capacity (equivalent to approximately 3.8 million households), 6 GW of district cooling capacity (equivalent to approximately 600,000 households) and 12,000 kilometres of district energy networks.

* Household numbers based on connection capacity for a household of 10 kW. This average connection capacity will not be representative of all cities.



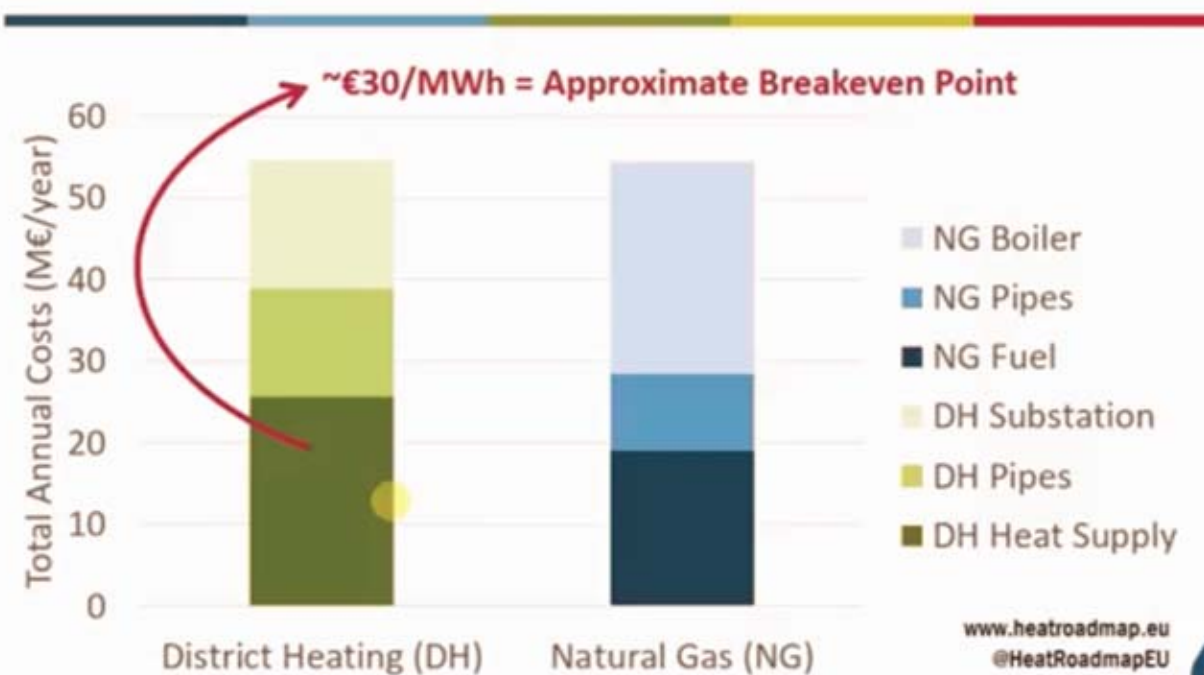
Coste del Almacenamiento



Coste de las Redes

District Heating vs. Natural Gas

1. Supply DH = €30/MWh & Gas = €27/MWh





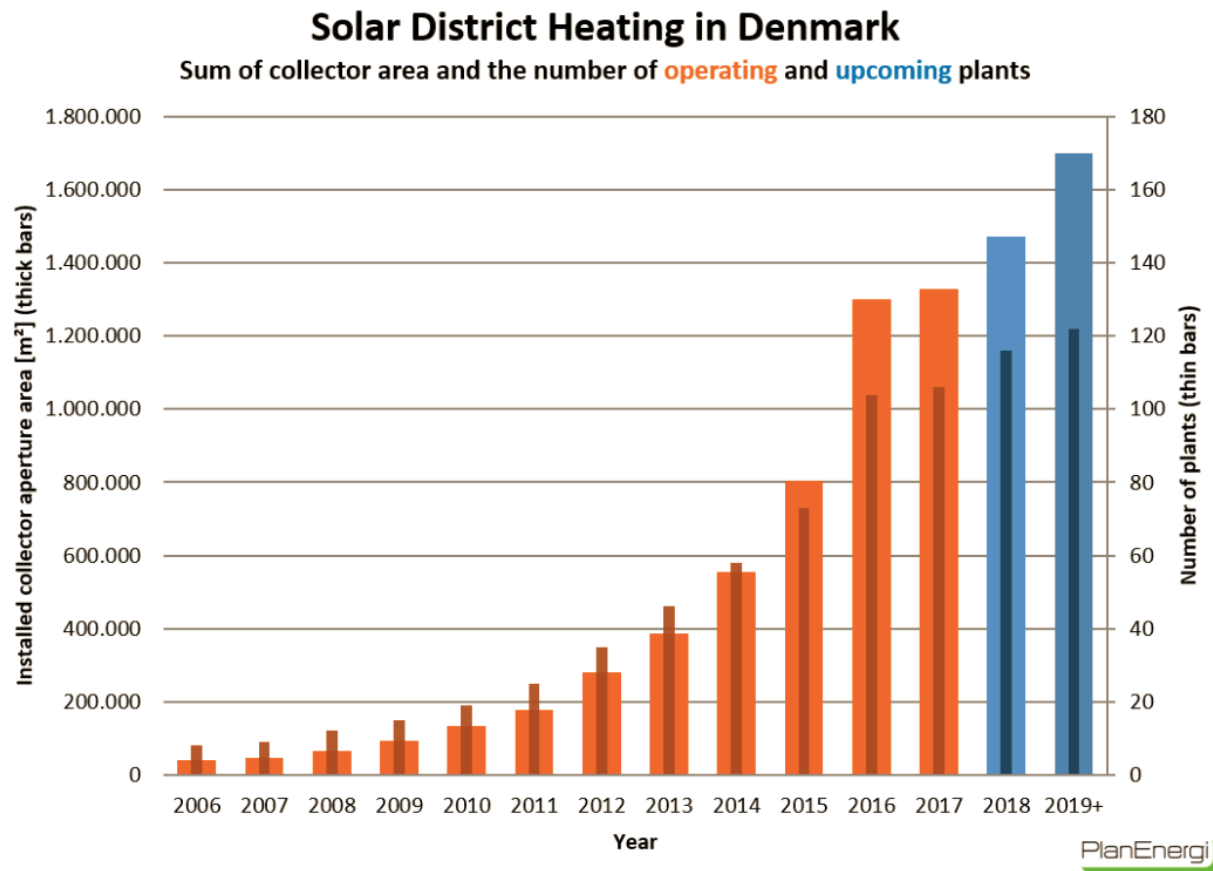
Papel de la solar térmica en redes de calor

- Vía hacia la sostenibilidad: Costes/ CO2 /características competencia convencional y renovable
- Virtudes solares térmicas
 - Eficiencia
 - Coste del kWh, mejora con el tamaño
 - Adaptación a la demanda (almacenamiento)
 - Fiabilidad/durabilidad
 - Hibridación/Flexibilidad
 - Modular/ampliación
 - Ubicación agrupada o distribuida
 - Hacia los edificios de consumo casi cero

Importante y con
gran potencial de
crecimiento

Redes de calor con solar → Promotores = empresas y administraciones públicas

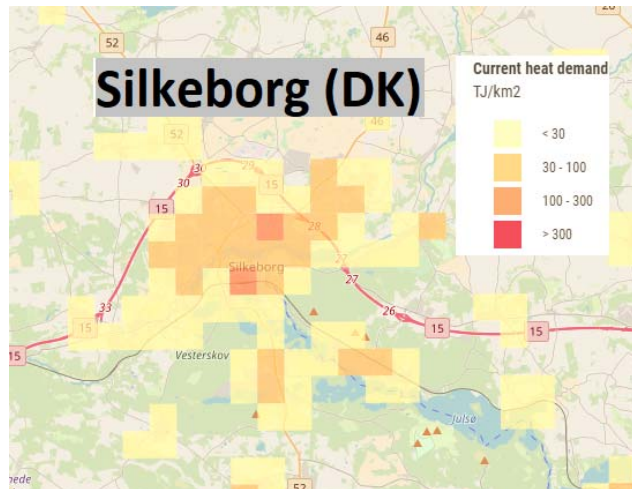
Elementos para el debate: SDH en Dinamarca



Espacio necesario para solar: Ejemplo

Silkeborg:

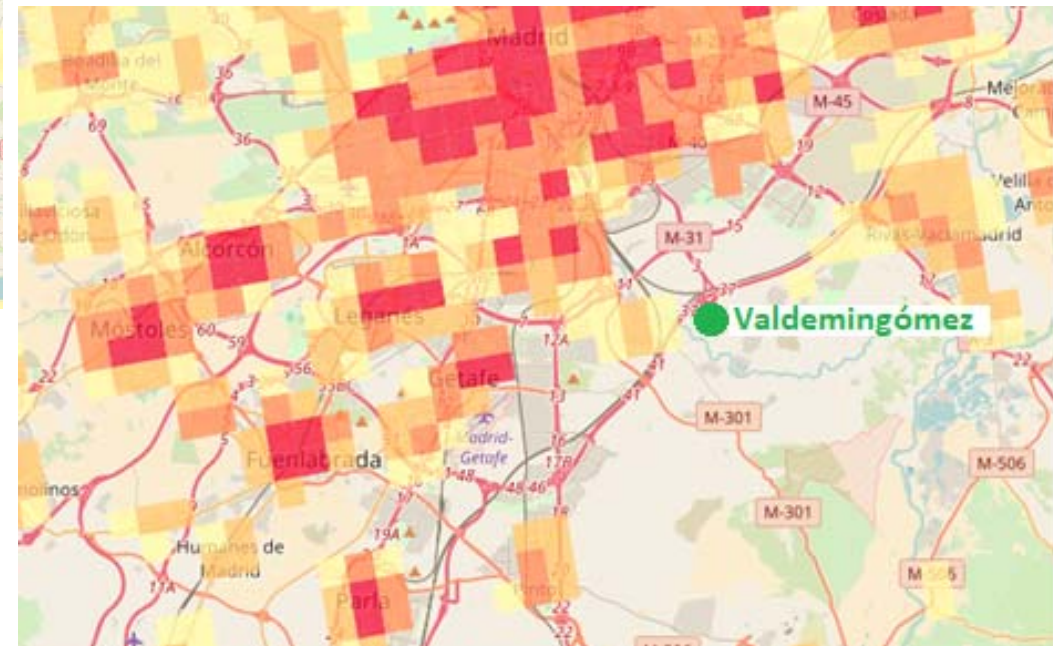
- 43,000 h, dispersos
- Radiación: 1100 kWh/m²-a
- SDH: 156,000 m²
- Distancia a las demandas: 1 km



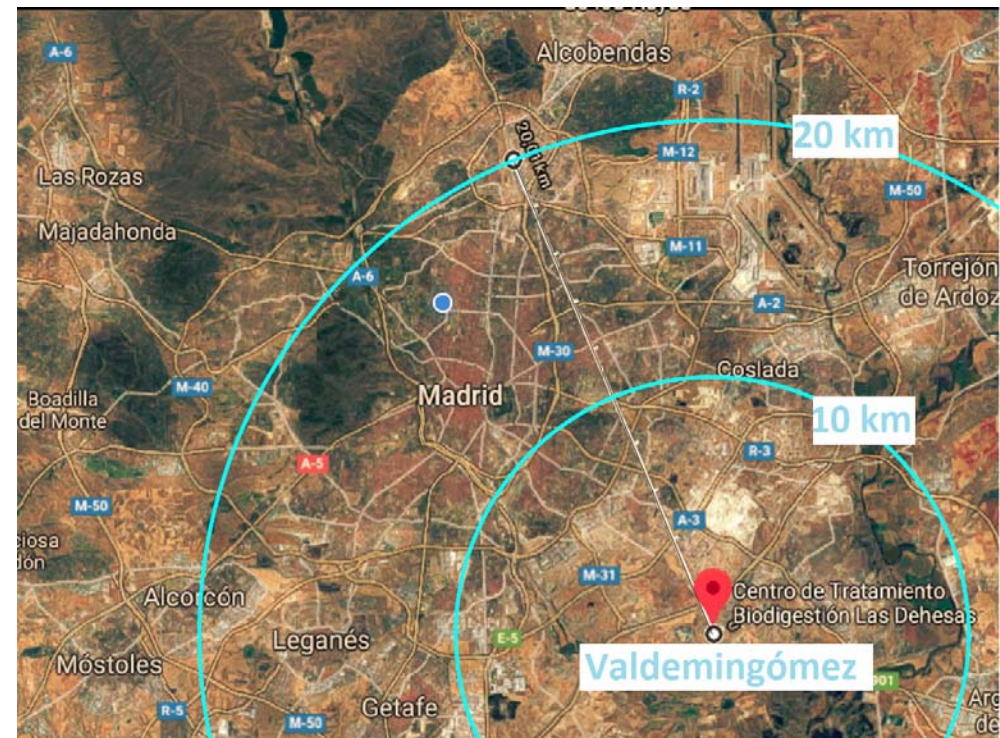
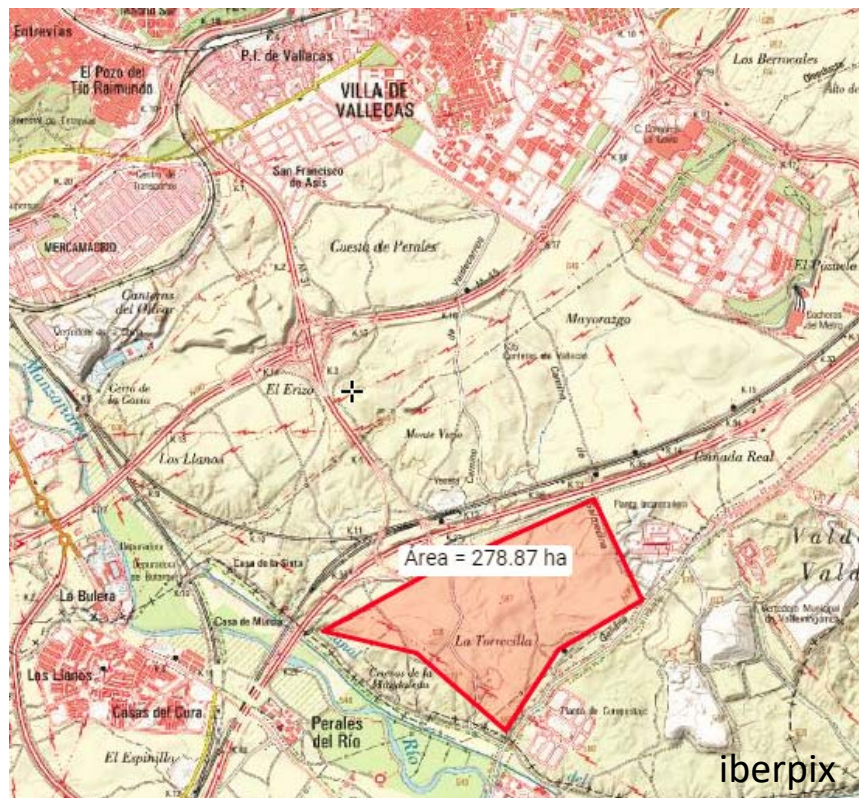
Herramienta: Mapas de calor

Madrid metropolitano:

- 4,500,000 h, agrupados
- Radiación: 1700 kWh/m²-a
- SDH: ¿>500,000 m² en Valdemingómez?
- Distancia a las demandas: 400,000 h en 5 km

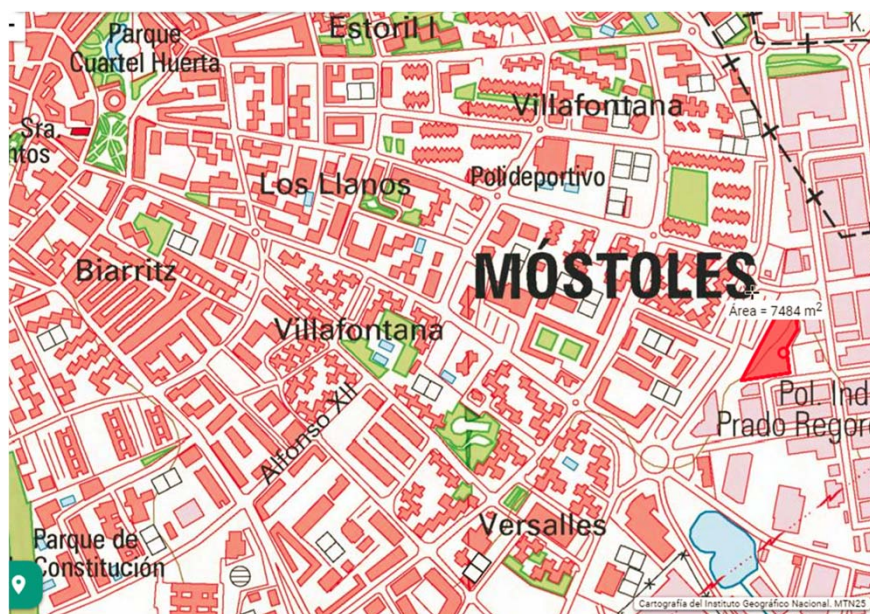


Distancia a las demandas: Ejemplo



Hibridación con Biomasa

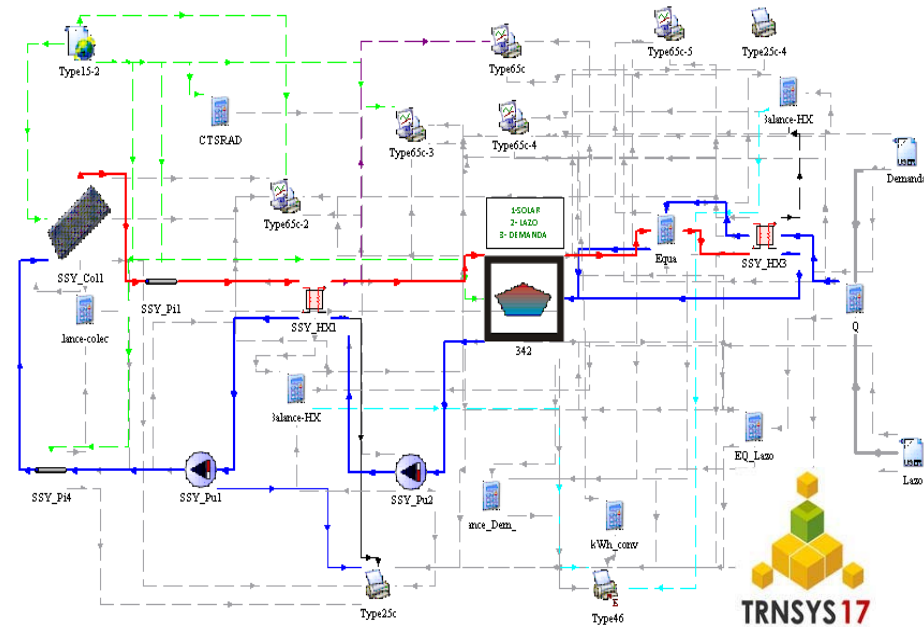
- ¿Solar en redes existentes?
→ p.e. Móstoles



Ejemplo: Diseño integrando renovables



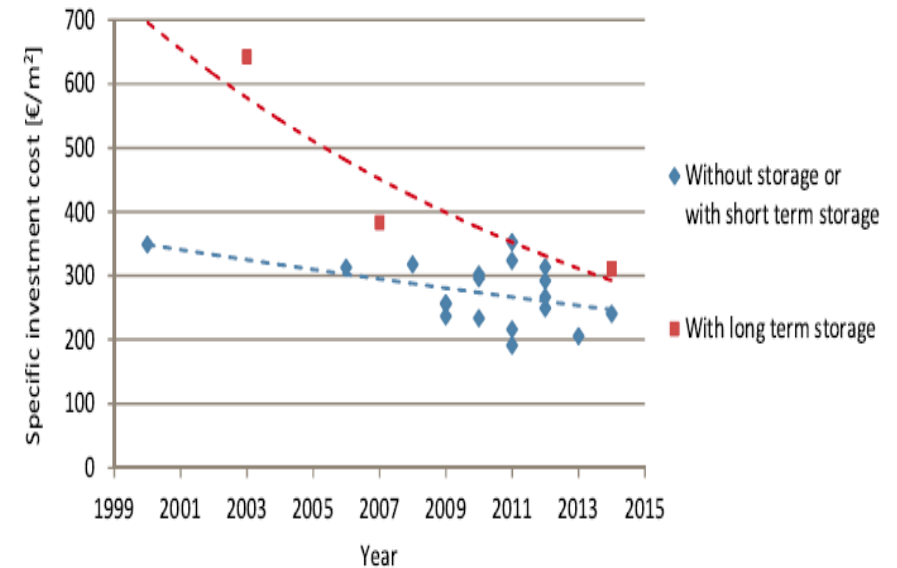
“Sistema de generación térmica híbrido integrado por un solar térmico y calor procedente de fuentes residuales y de la combustión de biogás, combinados y optimizados a través de un acumulador térmico enterrado” (Chile): 40,040m².



Precio calor solar : ¿<Gas Natural?

Sí, puede ser posible:

- Productividad solar para redes
 - Dinamarca: Promedio < 500kWh/m²-a
 - España: Esperable >700 kWh/m²-a ; > 900kWh/m²-a para redes 4G, ACS, Calor de Procesos,...
- Repercusión O&M: <5% precio de la energía
- Buenas expectativas de mejora tecnológica: reducción >20%, competir con gas natural (especialmente valorando el coste del CO₂ y para redes 4G)
- Elementos críticos:
 - Barreras normativas y de planificación. ¿Penalización al CO₂?
 - Integración en las Redes : Plantas de demostración +
 - Continuar el Desarrollo Tecnológico





Propuesta:
Transición energética → Incluir la solar
térmica en las redes de calor y frío



Desarrollo tecnológico

Tareas IEA-SHC

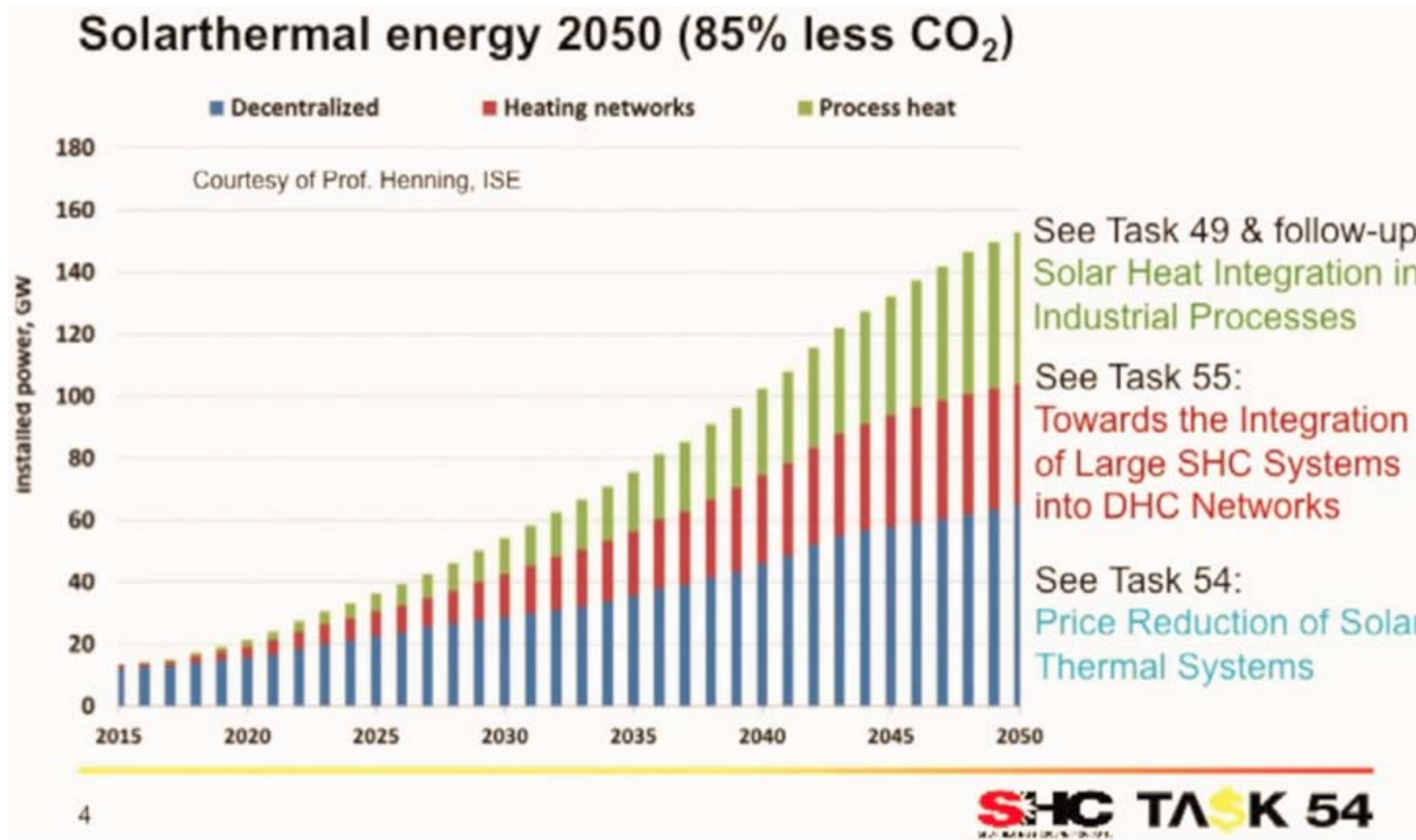


Current Research Projects (Tasks)

The following tasks are currently being worked on by Operating Agents of the IEA Solar Heating and Cooling Programme:

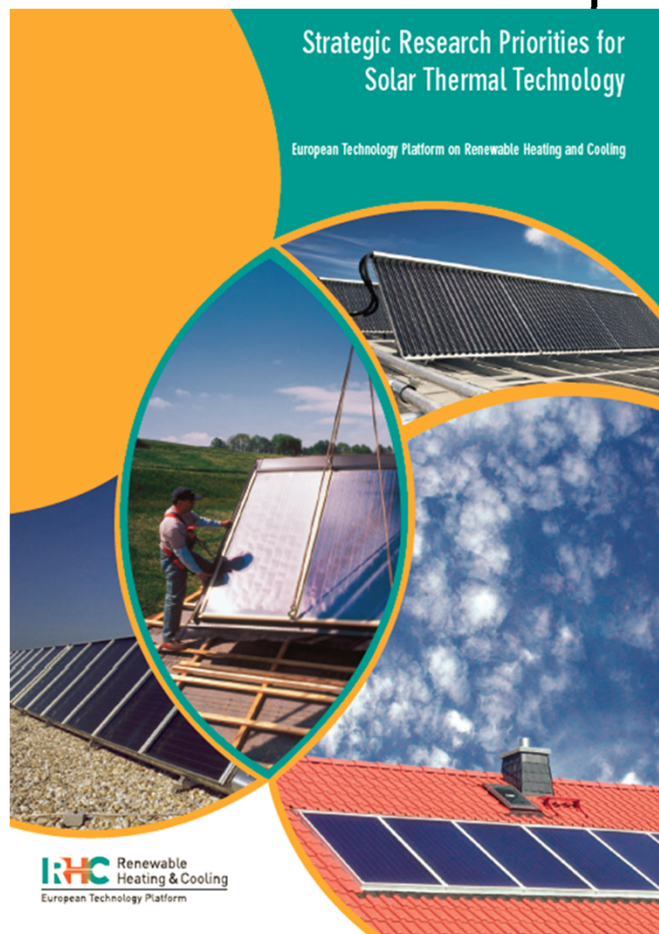
- Task 61 - Integrated Solutions for Daylighting and Electric Lighting
- Task 60 - Application of PVT Collectors and New Solutions in HVAC Systems
- Task 59 - Deep Renovation of Historic Buildings Towards Lowest Possible Energy Demand and CO2 Emission (NZEB)
- Task 58 - Material and Component Development for Thermal Energy Storage
- Task 57 - Solar Standards and Certification
- Task 56 - Building Integrated Solar Envelope Systems for HVAC and Lighting
- Task 55 - Towards the Integration of Large SHC Systems into District Heating and Cooling (DHC) Network
- Task 54 - Price Reduction of Solar Thermal Systems
- Task 53 - New Generation Solar Cooling and Heating Systems (PV or Solar Thermally Driven Systems)
- Task 52 - Solar Energy and Energy Economics in Urban Environments
- Task 51 - Solar Energy in Urban Planning

Programa IEA- SHC



Nuestra
apuesta

Plataforma Europea RHC: Solar térmica



FOREWORD.....	4
EXECUTIVE SUMMARY.....	5
1. INTRODUCTION.....	10
1.1 WHAT IS SOLAR THERMAL?.....	11
1.2 WHAT IS THE ESTTP?.....	11
1.3 THE STRATEGIC RESEARCH AGENDA.....	13
2. VISION.....	14
2.1 CHALLENGES AND BENEFITS OF SOLAR THERMAL.....	15
2.2 STATE-OF-THE-ART.....	16
2.3 MARKET OUTLOOK.....	18
2.4 COST COMPETITIVENESS.....	20
3. RESEARCH AND DEVELOPMENT NEEDS.....	24
3.1 SOLAR DOMESTIC HOT WATER AND SPACE HEATING SYSTEMS.....	25
3.2 NON-RESIDENTIAL SOLAR HEATING APPLICATIONS.....	29
3.3 SOLAR COOLING AND REFRIGERATION SYSTEMS.....	35
3.4 SOLAR THERMAL COLLECTORS.....	40
3.5 THERMAL STORAGE.....	46
3.6 SYSTEM CONTROL AND PERFORMANCE ASSESSMENT.....	51
3.7 STANDARDS AND MEASURES FOR QUALITY ASSURANCE.....	54
3.8 NON-TECHNOLOGICAL PRIORITIES AND SUPPORTING MEASURES.....	57
APPENDIX 1: TERMS AND ABBREVIATIONS.....	60
APPENDIX 2: REFERENCES.....	61
APPENDIX 3: SOLAR HEAT COSTS.....	62
APPENDIX 4: SECRETARIAT OF THE RHC-PLATFORM.....	64

Plataforma Europea RHC: Prioridades I+D Solar Térmica



A destacar

- Desarrollo de captadores de media y alta temperatura para aplicaciones industriales y redes de calor
- Selección de procesos industriales y aplicaciones. Poligeneración. Esquemas de integración solar térmica
- Almacenamiento estacional
- Acoplamiento a redes térmicas y eléctricas
-

Estrategia SOLPLAT



Línea Estratégica Básica

- Incrementar el esfuerzo científico tecnológico-económico del sector nacional y mercados tecnológicos internacionales
- La integración-transferencia de conocimiento al esfuerzo empresarial
- Alcanzar cierto nivel de liderazgo para apoyar desde el lado térmico la transición energética: Sostenibilidad, renovables y eficiencia



Apuestas tecnológicas SOLPLAT



MAPA DE ESTRATEGIAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS ESPAÑOLAS EN SOLAR TERMICA DE BAJA TEMPERATURA				
TECNOLOGIA	MATERIA	TRANSVERSALIDAD	ESTRATEGIA GENERAL	ESTRATEGIA ITP
GRANDES INSTALACIONES	OPERACIÓN+MANTENIMIENTO	TELECONTROL	MONITORING-SCADA	I. SEGUIMIENTO Y EVALUACION DE INSTALACIONES
	GESTION DE GRANDES PLANTAS	MODELIZACIÓN DE INSTALACIONES E INTEGRACIÓN	SIMULACIÓN Y PREDICTIVIDAD	
	REDES DE CALOR Y FRÍO	POLITECNOLOGIAS	SEGUIMIENTO Y SUPERVISIÓN DIGITAL TIC	
	HIBRIDACIÓN TECNOLOGÍAS	CONTROL DE REDES	RECICLADO REHABILITACIÓN TECNIFICACIÓN	
SISTEMAS TÉRMICOS DISTRIBUIDOS	RED DE O+M	TIC YO+M	TECNIFICACIÓN	
	SEGUIMIENTO DINAMICO	TIC	HOMOLOGACIÓN, CENTRO DE ENSAYOS	
	INVERNADEROS	POLIENERGÍAS	ESTRUCTURAS, LÁMINAS	
NUEVOS NICHOS DE MERCADO	PEQUEÑAS INDUSTRIAS	GESTION DE POLIENERGÍAS	KITs+TIC	
	MEDIANAS INDUSTRIAS	BALANCES	MEDIDA Y GESTIÓN	
	APLICACIONES NUEVAS	MOVILIDAD ELECTRICA	MOVILIDAD LIMPIA	
INTEGRACIÓN EN EDIFICIOS	INTEGRACIÓN ARQUITECTONICA	NORMATIVA Y HOMOLOGACIÓN	EFICIENCIA ENERGÉTICA	
	MEDIDA DE CALOR Y FRÍO	PAGOS POR CAPACIDAD Y CONSUMO	TIC+CONTADORES TÉRMICOS	
	CAPTADORES AVANZADOS	EFICIENCIA ENERGÉTICA	EFICIENCIA ENERGÉTICA	
ABSORBEDORES Y CAPTADORES	ABSORBEDORES	DURABILIDAD	CENTRO DE ENSAYO Y HOMOLOGACIÓN	II. FABRICACIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS
	NUEVOS CAPTADORES	NANOTECNOLOGIA	NUEVOS SUBSTRATOS	
	INTEGRACIÓN EQUIPOS	METALURGIA Y MICROMEDIDA	MODELIZACIÓN	
TERMODINAMICA CICLOS CON VACIO	TRANSFORMACIONES TERMODINÁMICAS	GEOTERMIA YAEROTERMIA	EQUIPOS Y SISTEMAS	III. APLICACIONES EN SECTORES INDUSTRIALES Y SERVICIOS
	CLIMATIZACION SOLAR	GESTION DE REDES Y SISTEMAS COMPLEJOS	SISTENAS TERMICOS DISTRIBUIDOS	
	DESALINIZACIÓN	CALOR-AGUA	REGIONAL	
ALMACENAMIENTO TERMICO	GESTIÓN DIARIA	POLIENERGÍAS	GEOTERMIA- BIOMASA	ALMACENAMIENTO TERMICO DE BAJA ENTALPIA
	GESTIÓN SEM ANUAL	REGULACIÓN	OFERTA-DEMANDA	
	ESTACIONAL	GRANDES INSTALACIONES	POLIENERGIA	
MODELOS DE PREVISIÓN Y EVALUACIÓN	EVALUACIÓN DEL RECURSOS	METROLOGIA Y TRATAMIENTO Y CLIMÁTICOS	METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS	MODELIZACIÓN Y PREVISIÓN
	MODELOS DE PREVISIÓN	BALANCES Y EFICIENCIAS DE SISTEMAS	METEROLÓGICA	
	MODELOS DE SIMULACIÓN		SIMULADORES DINÁMICOS	



Propuestas



Nuestra apuesta

Contribuir a la mejora de competitividad solar térmica mediante el desarrollo tecnológico con nuevos sistemas de aprovechamiento solar y de eficiencia energética: **Sistemas y componentes**

- Lechos para recuperación de calor, **(PCT publicada)**: Proyecto HDH-AI, financiado por el IDI-CDTI (Apoyo: CIEMAT, CREVER e IMDEA)
- Concentrador para captador solar **(PCT publicada)**: Ensayo en el Proyecto Ulises 2.0, financiado por CORFO en Chile
- Nuevos materiales selectivos y antireflejantes (Implementar Desarrollos del CIEMAT): Desarrollados para aplicaciones de MT y AT

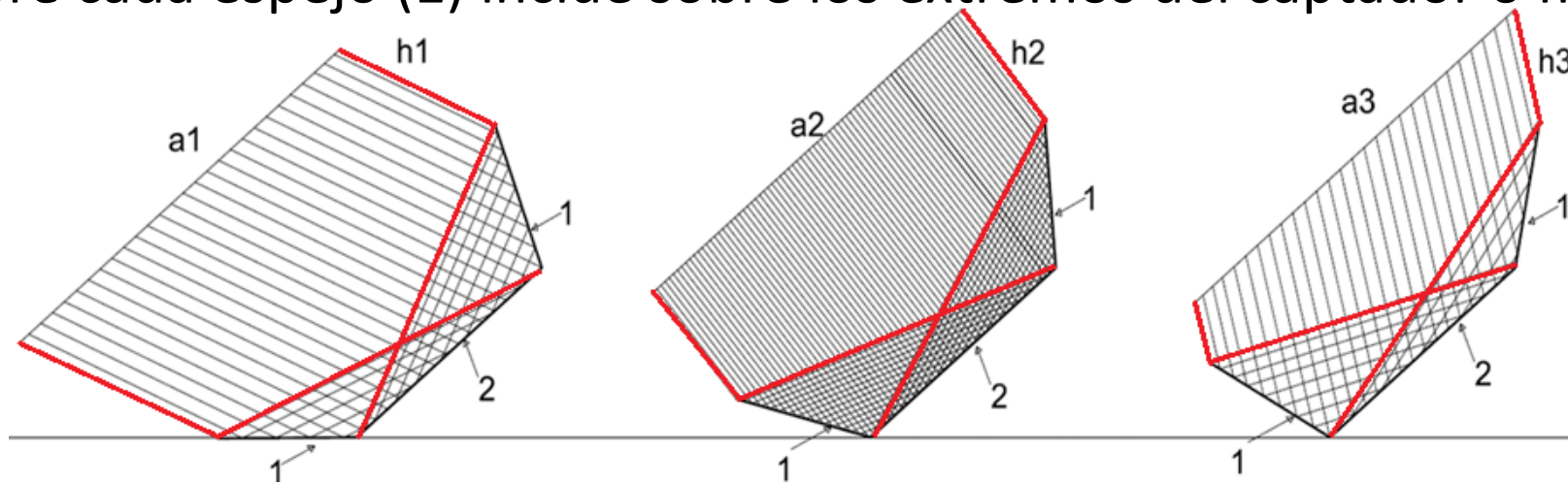
Nuevos materiales CIEMAT

Material	Sustrato	Prop. ópticas	Durabilidad
Absorbente	Aluminio	$\alpha=0,950/\epsilon_{100^{\circ}\text{C}}$ $=0,035$	Aire 300°C Condensación 40°C
Absorbente	Acero inox.	$\alpha=0,955/\epsilon_{100^{\circ}\text{C}}$ $=0,09$	Aire 400°C Condensación 40°C
Antirreflejante	Vidrio borosilicato	$\tau=0,973$; áng. Cont. 30°	Damp heat test Condensación 40°C
	Vidrio solar	$\tau=0,970$	
Hidrófobo	Vidrio +ARC	$\tau=0,967$ ángulo contacto=100°	Damp heat test Condensación 40°C

Excelentes perspectivas coste/beneficio

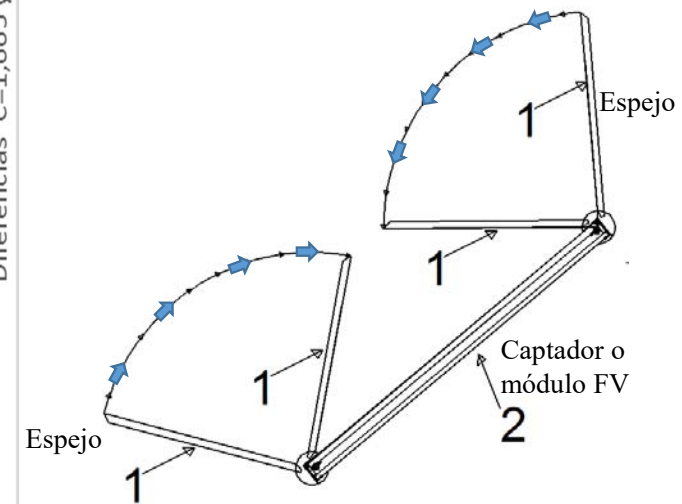
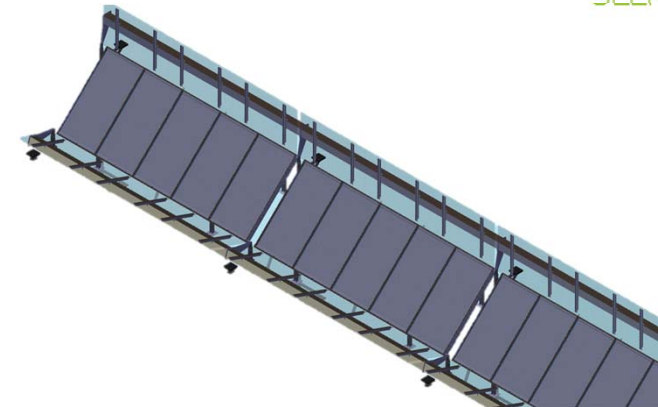
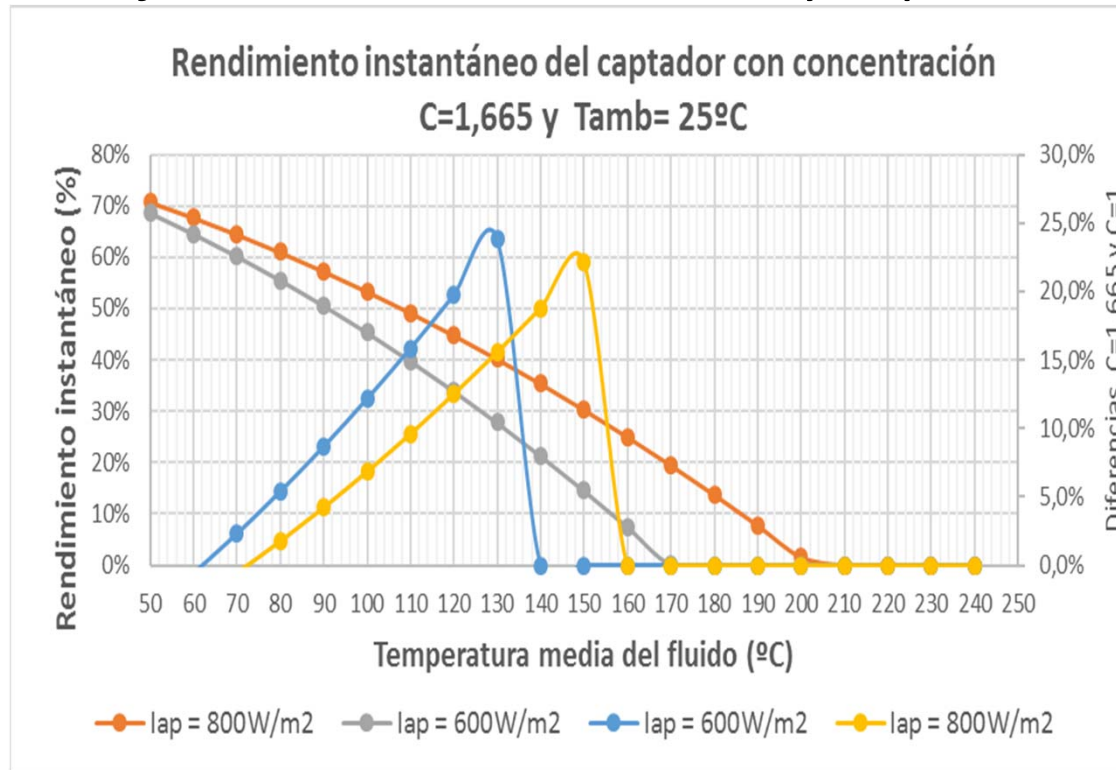
Concentrador: Principio de funcionamiento

- Captador o Modulo FV estacionario (2), los haces de rayos h_1, h_2, h_3, \dots Inciden sobre la apertura (a_1, a_2, a_3, \dots) con distintos ángulos de incidencia transversal
- Espejos con seguimiento del sol: Sección transversal → Rayo límite sobre cada espejo (1) incide sobre los extremos del captador o módulo (2):



Concentrador con espejos móviles

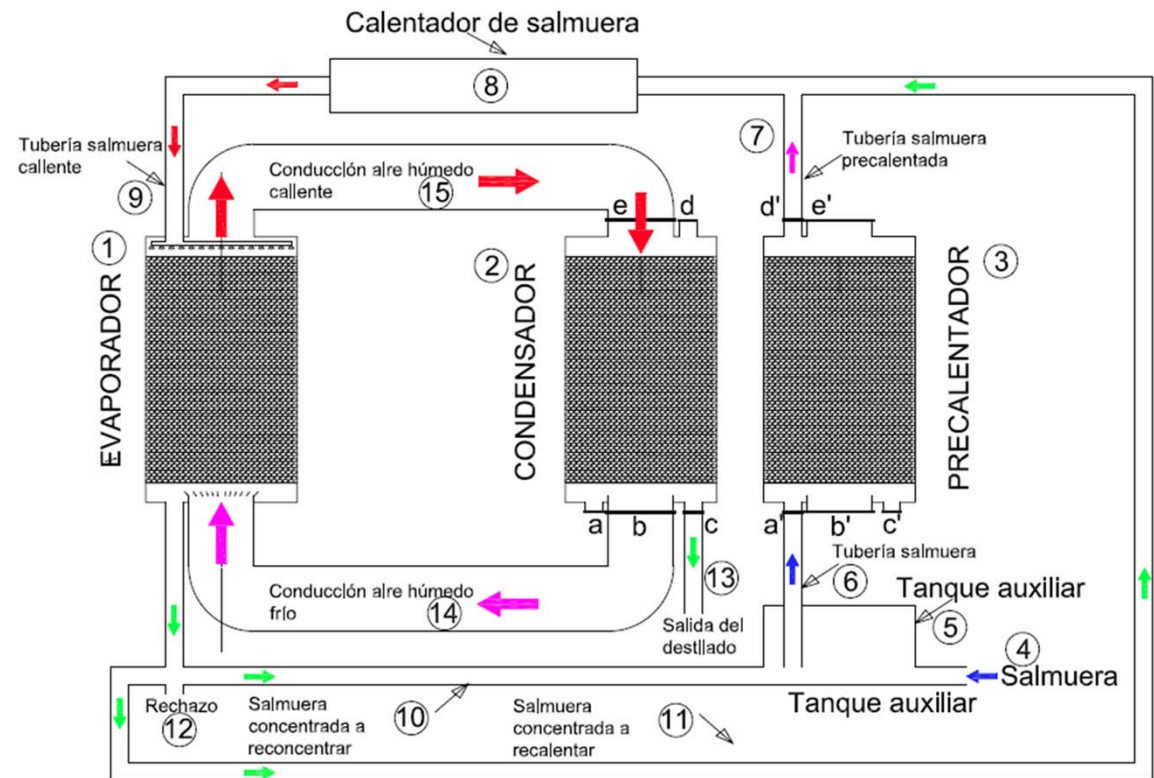
- Mejora de la eficiencia + Mayor protección



Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



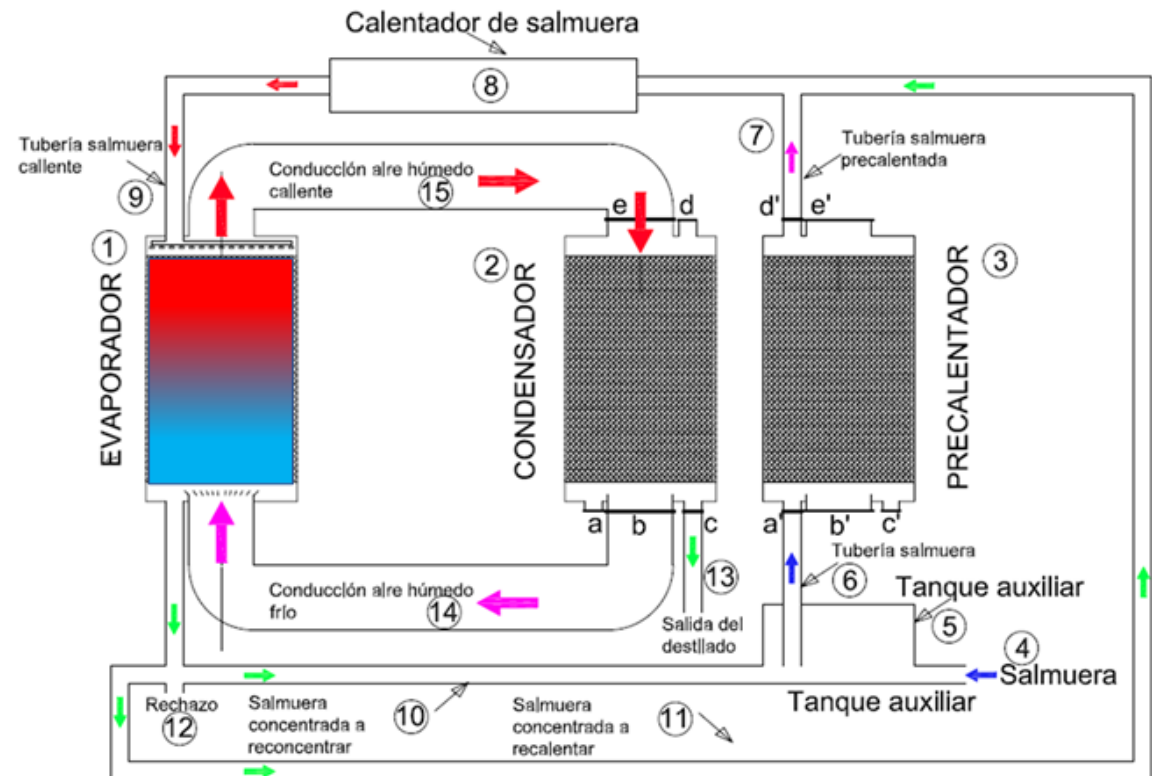
GOR=20 ⇒ Recuperación del 95%

• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



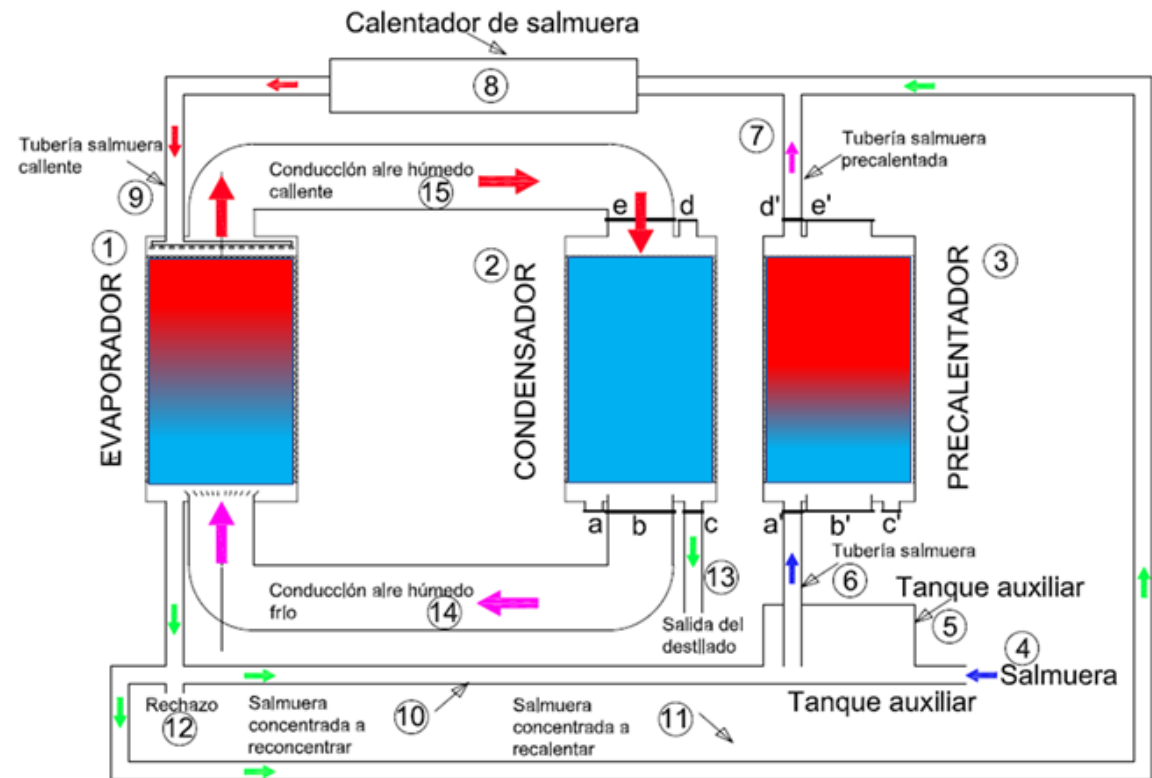
• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

GOR=20 ⇒ Recuperación del 95%

Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



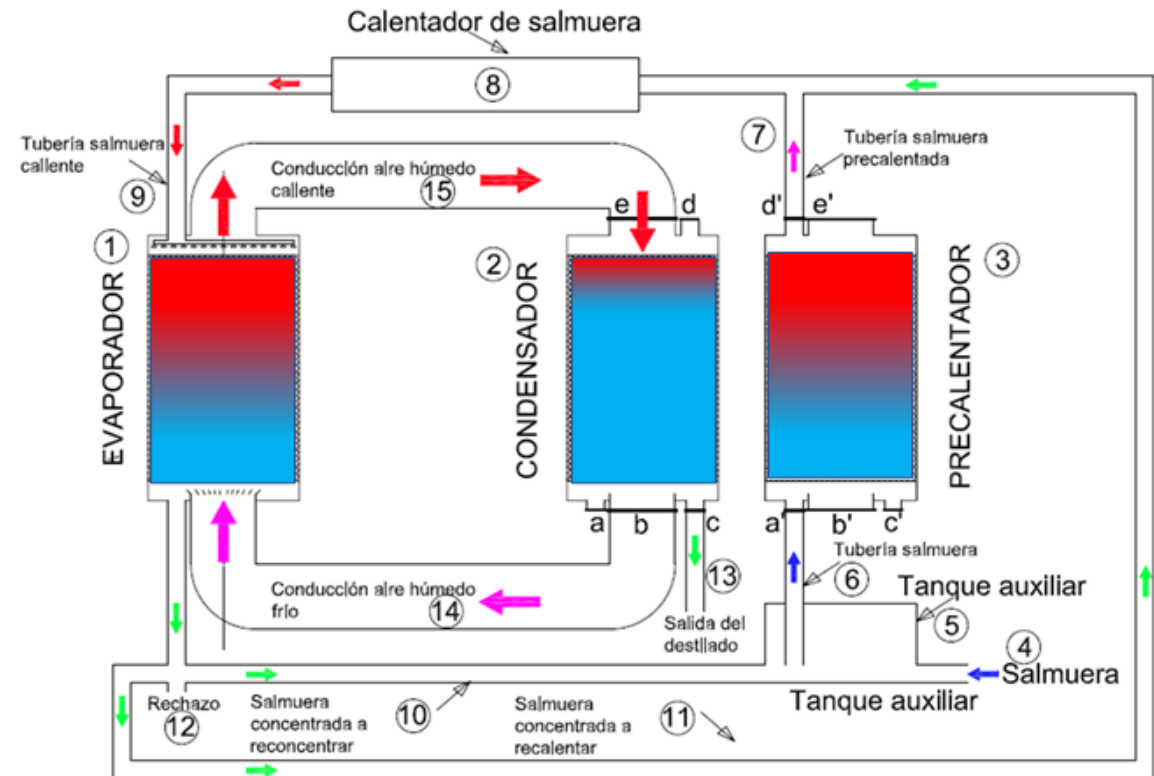
GOR=20 ⇒ Recuperación del 95%

• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



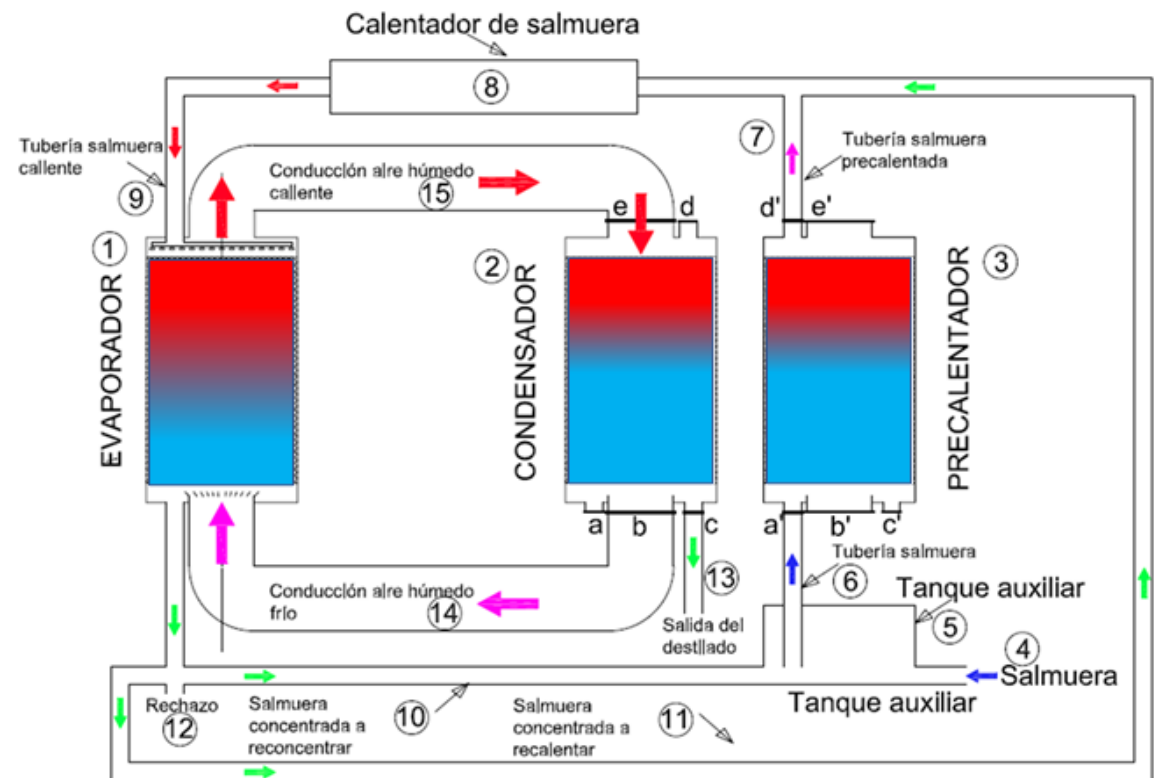
GOR=20 ⇒ Recuperación del 95%

• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



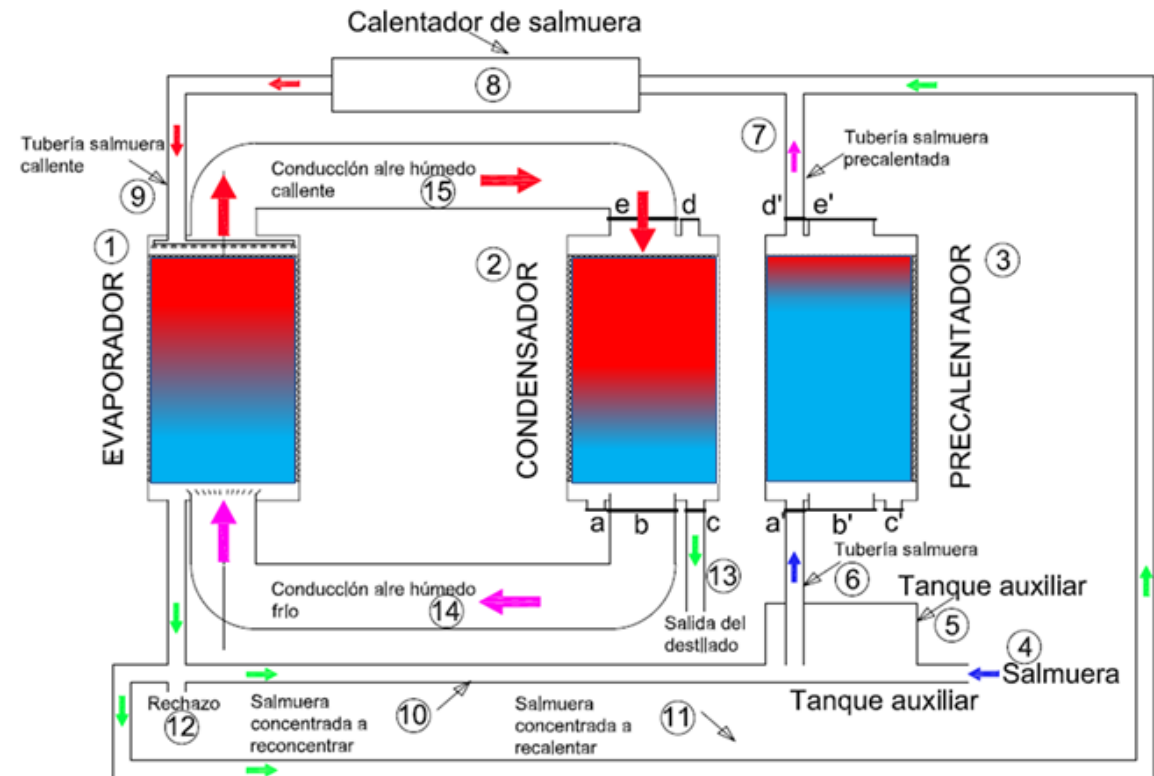
• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

GOR=20 ⇒ Estratificación + Recuperación del 95%

Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



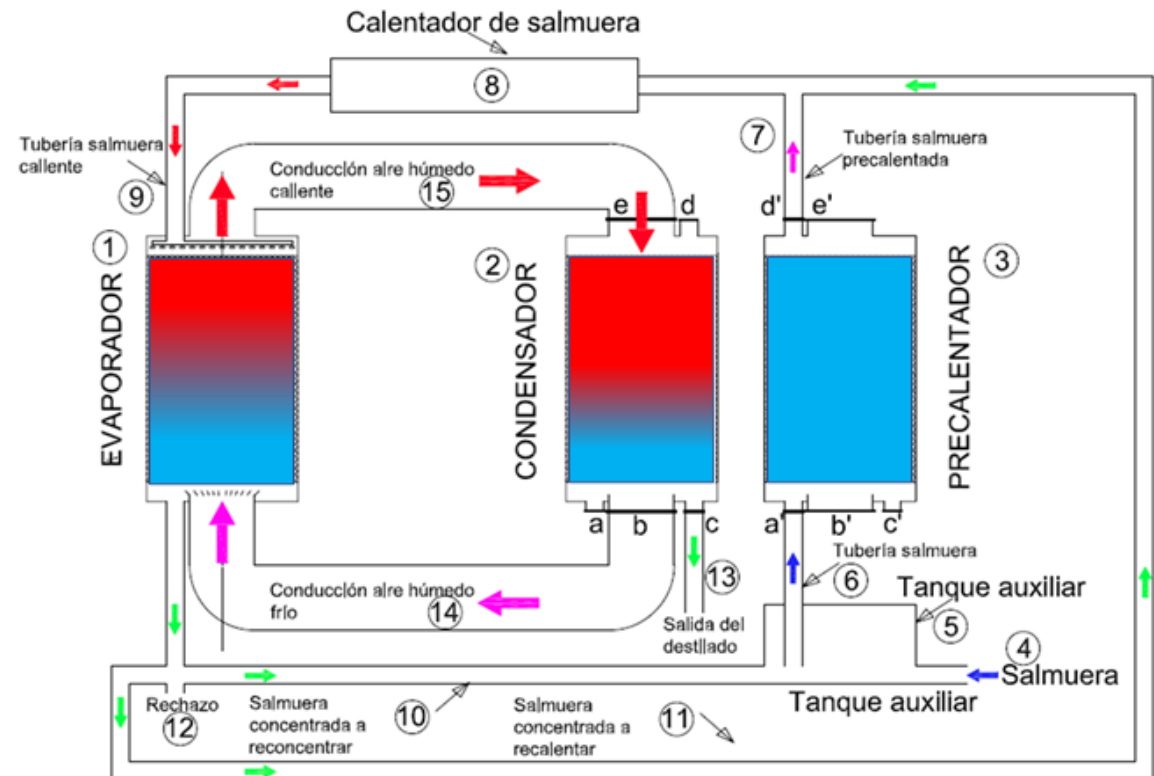
GOR=20 ⇒ Recuperación del 95%

• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

Esquema HDH-AI: Producir agua potable



- **HDH: HidrataciónDesHidratación** = El aire se hidrata en el evaporador y se deshidrata en el condensador
- **AI: Acumulación integrada** = la energía se acumula antes de transferirse para su recuperación
- Tres lechos rellenos
 - Evaporador: Flujo a contracorriente de salmuera y de aire. La salmuera cede calor y agua al aire.
 - Condensador: Flujo de aire húmedo y caliente que se enfría y condensa antes de pasar al evaporador.
 - Precalentador: Flujo de salmuera fría que se va calentando antes de entrar al evaporador.
- Operación: Cuando la parte baja del condensador se calienta, se cambian los papeles:
 - El precalentador, ya enfriado por la salmuera se convierte en el condensador
 - El condensador caliente se convierte en precalentador del evaporador



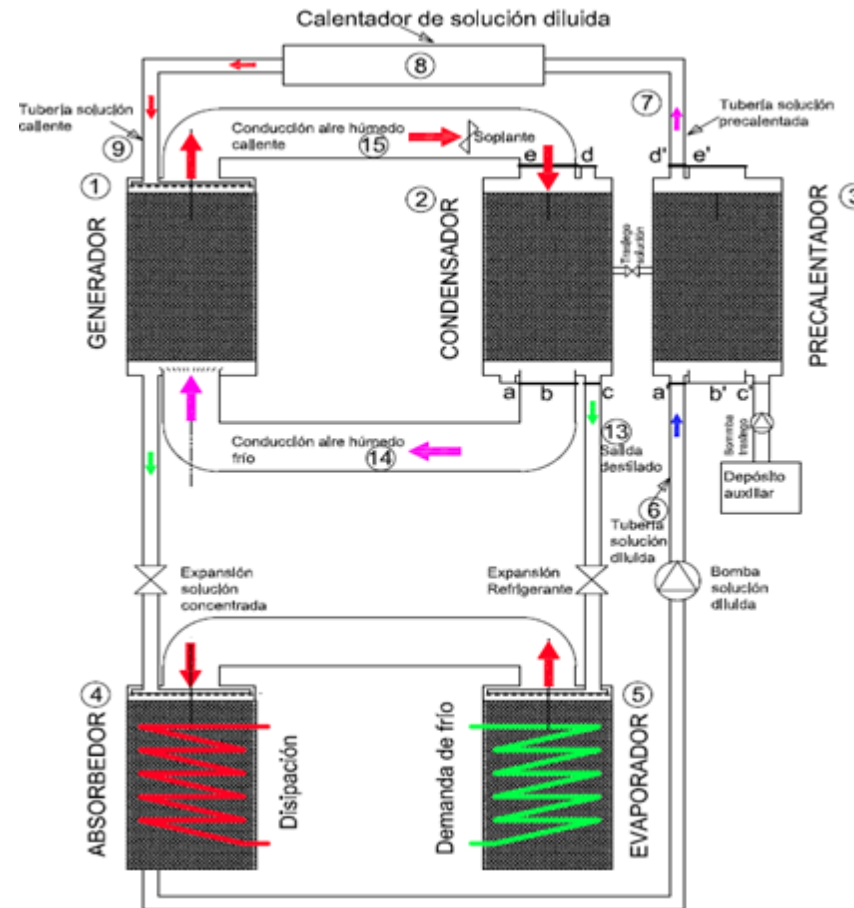
GOR=20 ⇒ Recuperación del 95%

• El GOR puede alcanzar valores de más de 20: ¿acercarse al de la Ósmosis Inversa?

Esquema HDH para frío por absorción

- El evaporador y el absorbedor trabajan en las mismas condiciones que una máquina de absorción convencional
- El generador y el condensador son lechos
- Añado un lecho como recuperador/precalentador
- En lugar de disipar el calor captado en el condensador se utiliza para precalentar la solución diluida que vuelve al generador cuando cambia sus papeles con el lecho precalentador

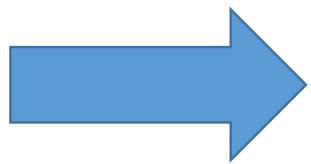
• ¿COP alcanzable a $85^{\circ} > 1,5$?



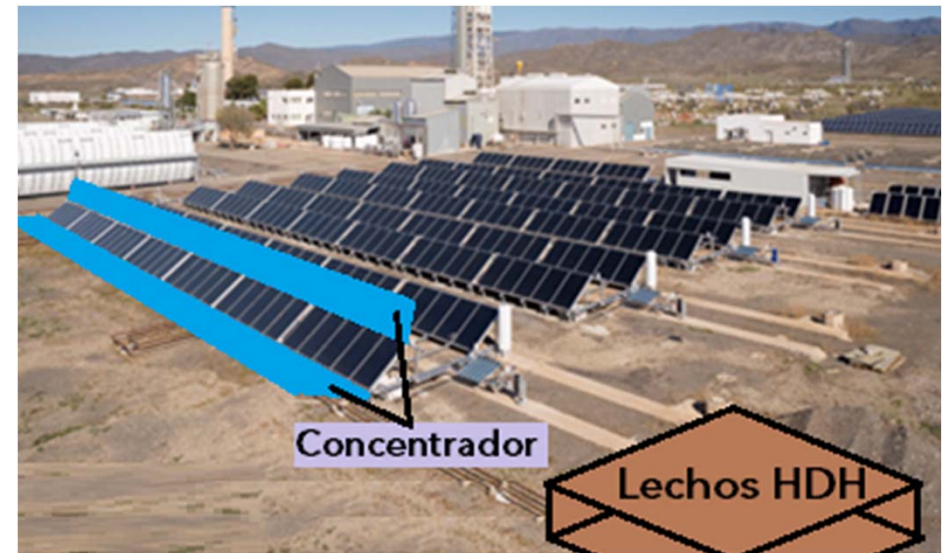
Planta Piloto HDH en la PSA

DESALACIÓN:

- Alimentación: Instalación Solar Térmica con captadores planos y concentración con espejos móviles (PCT/ES2017/070508, publicación en el WIPO 25/1/18)
- Ubicación: Plataforma Solar de Almería (CIEMAT)
- Objetivos: producción de manera continua



Objetivo: Viabilidad técnica y económica, a escala suficiente
1m³/hr ----- GOR > 10



Planta en el CREVER (URV)

FRÍO POR ABSORCIÓN:

- Ensayo componentes: Lechos de unos 100L
- Planta piloto: Criterio general = producción de frío de manera continua

Objetivo: Viabilidad técnica y económica, a escala suficiente

P > **50kW** y un COP > 2





Visión:
Solar térmica Tecnología con disponibilidad
y proyección para la sostenibilidad

¿Preguntas?



Jose.ignacio.ajona@seenso.es



¡Gracias por su atención!

SEENSO



Contacto :