

# CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

## Proyecto WEDISTRIC

Smart and local reneWable Energy  
DISTRICT heating and cooling  
solutions for sustainable living





**Autor Principal:** María Victoria Cambroneró Vázquez (ACCIONA)

**Otros autores:** Marcella Del Vecchio (ACCIONA); Manuel Ruiz de Adana (Universidad de Córdoba); Francisco Comino (Universidad de Córdoba); Alberto Abánades (Universidad Politécnica de Madrid); Javier Rodríguez (Universidad Politécnica de Madrid); Francisca Galindo (Fertiberia); Adrián Caraballo (Fertiberia); Antoni Pont Espargueró (TERMOSUN); Federico J. Buyo Hernández (TERMOSUN); Mirko Tunjic (ENERGYCER); David Gómez Fernández (ATOS); Daria Kulemetieva (ESCI-European Science Communication Institute)

## ÍNDICE

1. Introducción.
2. Proyecto WEDISTRICK. Descripción general y objetivos principales
3. Tecnologías WEDISTRICK
4. Demostradores WEDISTRICK
5. Conclusiones y lecciones aprendidas
6. Bibliografía

## 1. INTRODUCCIÓN

A medida que se intensifica el cambio climático, las ciudades son particularmente vulnerables a impactos como el estrés por calor y puede jugar un papel clave en la reducción de emisiones a nivel local y global. **La calefacción y la refrigeración en edificios e industria representan el mayor uso final de energía en Europa<sup>1</sup>, con el 50% del consumo total anual de energía de la UE<sup>2</sup>.** Representa el 13% del consumo de petróleo y el 59% del consumo total de gas de la UE (solo uso directo), lo que equivale al 68% de todas las importaciones de gas<sup>3</sup>. Las energías renovables no se utilizan ampliamente en el sector, ya que el 84% de la calefacción y la refrigeración todavía se generan a partir de combustibles fósiles y **solo el 16% se genera a partir de energías renovables<sup>4</sup>.**

La Comisión Europea publicó en febrero de 2016 y, más tarde, mediante una actualización el 30 de noviembre de 2016, la Estrategia de calefacción y refrigeración de la UE<sup>1</sup>, manifestando un amplio paquete de propuestas específicas que conducen a una notable evolución del sector de calefacción y refrigeración.

**En respuesta a la Estrategia de calefacción y refrigeración de la UE, unido a la imperante necesidad de luchar contra el cambio climático, el proyecto WEDISTRICK propone el desarrollo de sistemas de calefacción y refrigeración urbana (DHC – District Heating and Cooling) limpios, inteligentes y flexibles como una herramienta para alcanzar los objetivos climáticos.**

---

<sup>1</sup> An EU Strategy on Heating and Cooling (2016)

<sup>2</sup> European Commission. *10 things you didn't know about heating and cooling.*

<sup>3</sup> European Commission. *Towards a smart, efficient and sustainable heating and cooling sector.* February 2016

<sup>4</sup> European Commission: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/heating-and-cooling>

## 2. PROYECTO WEDISTRICK

El consorcio WEDISTRICK (proyecto financiado H2020 Grant Agreement No. 857801), formado por 22 empresas de 9 países europeos, y con un presupuesto de 19M€, ejecutará durante 42 meses, el diseño, integración y demostración de tecnologías avanzadas para la producción de calor y frío en redes urbanas, demostrando que es posible su funcionamiento con fuentes de energía 100% renovable tales como colectores solares de concentración, biomasa, almacenamiento térmico, geotermia y tecnologías de frío solar, todo ello gestionado mediante un sistema avanzado de control y monitorización. El proyecto WEDISTRICK comenzó el 1 de octubre de 2019 y dará término el 31 de Marzo de 2023.

El proyecto WEDISTRICK se organiza en torno a los siguientes objetivos científicos y técnicos principales:

- Desarrollo de **DHC 100% renovable** basado en una combinación óptima de fuentes locales de energía renovable para proyectos de nueva construcción o rehabilitación (mediante el desarrollo de tres tecnologías termosolares diferentes, un sistema de biomasa altamente eficiente y de baja emisión, y la hibridación de energía geotérmica y solar).
- Progreso hacia las tecnologías de generación de **refrigeración renovable** (desarrollando dos sistemas innovadores de frío solar: uno de generación de aire frío basado en sistema evaporativo desecante y otro de generación de agua fría mediante absorción).
- Integración óptima de **almacenamiento térmico avanzado** para aumentar la eficiencia del sistema (mediante el desarrollo de un tanque termocline que utiliza sales fundidas y un almacenamiento térmico de agua optimizado).
- **Reutilización del calor residual** en centro de datos mediante pila de combustible para alimentar la red de calor.
- Integración de **TIC inteligentes** para gestionar de forma óptima y mediante inteligencia artificial la producción, almacenamiento, distribución y consumo de la red con el objetivo de aumentar la eficiencia del sistema.
- Desarrollar una **herramienta de toma de decisiones** de criterios múltiples de código abierto para realizar estudios de viabilidad de la integración de RES (fuentes de energía renovables) en los sistemas de calefacción y refrigeración de distrito en diferentes regiones de Europa.
- **Demostración y validación** de tecnologías WEDISTRICK a través de cuatro estudios de casos reales en cuatro regiones diferentes de Europa.
- Demostración de la **replicabilidad** del proyecto en diferentes escenarios comerciales a través de estudios de demostración virtuales, incluida la implementación en horizonte 5G-DHC como columna vertebral de las ciudades inteligentes.
- Demostración a los inversores de la **rentabilidad** del proyecto y desarrollar **modelos de negocio sostenibles**.
- Promover la **aceptación pública** y la **participación ciudadana**.

En definitiva, un total de 10 tecnologías innovadoras (9 soluciones energéticas y 1 sistema de digitalización avanzada) serán desarrolladas en el marco del proyecto cuya validación se llevará a cabo mediante 4 instalaciones reales:

- **Nueva instalación de DHC** en el parque tecnológico de Alcalá de Henares (España) para suministrar los requerimientos energéticos del centro de I+D de la empresa CEPSA, integrando tres tecnologías diferentes de energía solar térmica de concentración, caldera de biomasa de baja emisión y almacenamiento térmico (basado en sales fundidas y tanque de agua) junto a tecnologías de frío renovable (para generación de agua y aire fríos mediante renovables).
- **Extensión del suministro del DH existente** en el campus de la Universidad de Bucarest (Rumania), integrando un sistema híbrido geotérmica-solar para complementar la red existente.
- **Rehabilitación del DH existente** (alimentado por carbón) en la ciudad de Racibórz (Polonia), utilizando calderas de baja emisión de biomasa y energía solar fotovoltaica para el suministro eléctrico de la instalación.
- **Recuperación de calor residual de centro de datos en la red existente de DH** de Lulea Energy (Suecia), utilizando una tecnología pionera basada en pila de combustible.

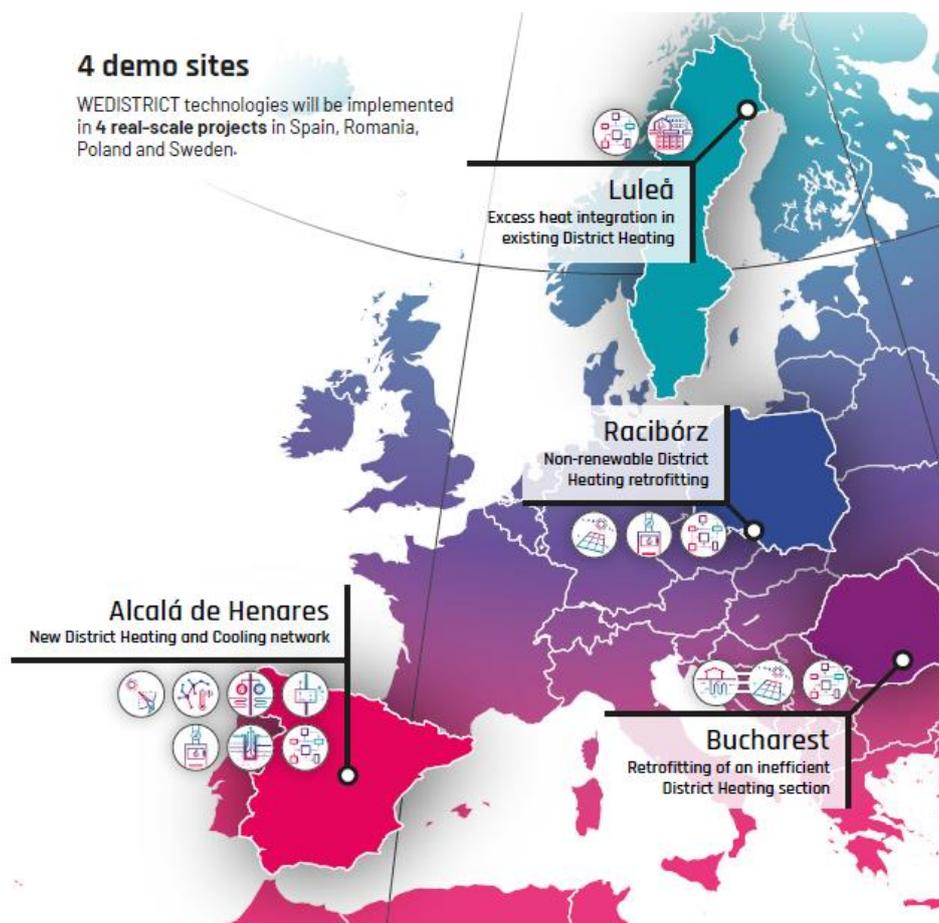


Figura 1. Demostradores Proyecto WEDISTRICK

En el primer año de trabajo se han alcanzado los siguientes hitos principales:

- Definición de KPIs medioambientales, económicos, técnicos y sociales [1].
- Descripción de requerimientos de tecnologías, demostradores y modelos de negocio.
- Due diligence de los 4 demostradores y las 9 tecnologías WEDISTRICK.
- Diseño de las tecnologías WEDISTRICK.
- Diseño preliminar de los 4 demostradores WEDISTRICK.
- Metodología Lean.
- Auditoría energética de los 4 demostradores WEDISTRICK.
- Desarrollo de las DHCs en Europa [2].
- Análisis PESTLE (Político, Económico, Social, Tecnológico, Legal y medioambiental) y estudio de mercado de los 4 demostradores WEDISTRICK [3].

### 3. TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES WEDISTRICK

Un total de 10 tecnologías innovadoras (9 soluciones energéticas y 1 sistema de digitalización avanzada) serán desarrolladas en el marco del proyecto, aunque se realizará la integración de más tecnologías diferentes (basado en tecnologías convencionales) para la demostración y validación del mismo.

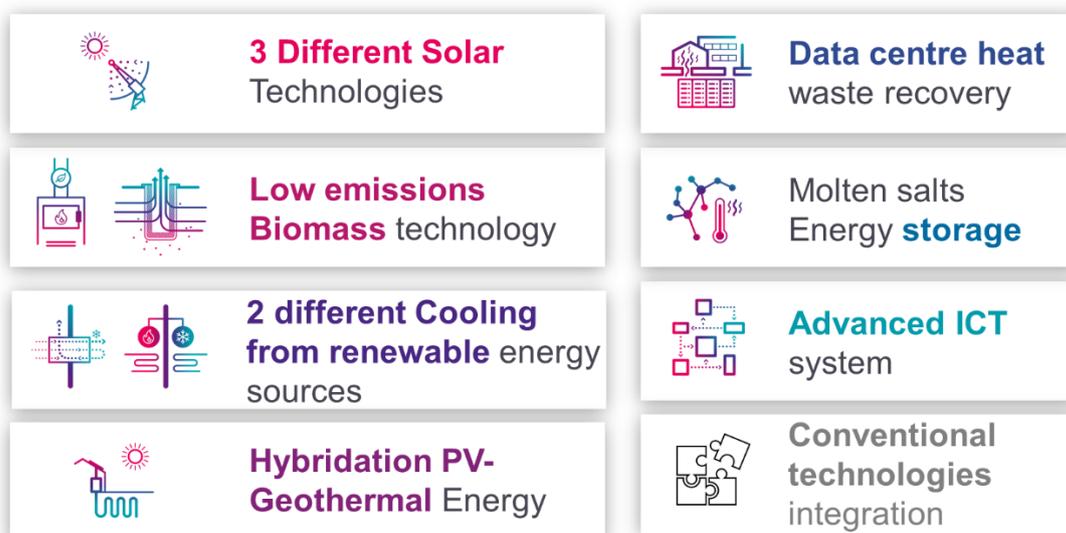


Figura 2. Tecnologías WEDISTRICK

## Tecnologías Solares de Concentración

Los **colectores cilindro-parabólicos** (desarrollados por Soltigua) consisten en espejos parabólicos que reflejan los rayos del sol en un tubo receptor en el que fluye un fluido caloportador como aceite térmico o sal fundida. La tubería absorbente se instala generalmente dentro de un tubo de vidrio, que aseguran bajas pérdidas de calor y la posibilidad de lograr un alto rendimiento temperatura. El cilindro parabólico utiliza una tecnología de seguimiento solar, donde una computadora calcula y regula la posición de los espejos para maximizar la radiación recogida a lo largo del día. Por otro lado, algunos o todos los espejos pueden desenfocarse cuando no hay demanda de salida del colector solar.



La característica principal del nuevo colector solar cilindro-parabólico es la fuente de alimentación inalámbrica y sistema de control que permite la eliminación de cables entre el panel de control central, los paneles y las zanjas de cable necesarias. En segundo lugar, la fuente de alimentación para el seguimiento solar proviene de un módulo fotovoltaico independiente más un sistema de batería Ión-Litio. Además, se utilizarán nuevos materiales mejorados para algunos componentes estructurales con el fin de reducir su coste y su resistencia a la corrosión.

En los **colectores lineales de Fresnel** (desarrollados por Soltigua) se instalan varios espejos paralelos entre sí largos y delgados, cada uno de ellos capaz de girar a lo largo de su eje longitudinal. La posición de cada tira de espejo está controlada por un sistema de seguimiento, de modo que los rayos del sol incidente en el espejo se reflejan hacia un tubo receptor instalado unos metros por encima de los espejos.

La característica esencial del nuevo colector solar lineal Fresnel es la conexión inalámbrica del sistema de alimentación y control que ofrece las mismas ventajas explicadas para la tecnología de colectores cilíndrico-parabólicos. Los rendimientos ópticos y térmicos se mantienen sin cambios con respecto a los productos estándar, mientras que CAPEX y OPEX se reducen, lo que hace que esta nueva solución sea más atractiva.



La última tecnología solar, desarrollada por Seenso, corresponde a un **novedoso concentrador de seguimiento para colector de inclinación fija**. Esta tecnología está formada por un concentrador con 1 o 2 espejos planos de seguimiento y 1 colector de inclinación fijo. Las mayores ventajas de esta tecnología son: Mayor rendimiento de los colectores térmicos; protección automática y sencilla contra sobrecargas de viento y/o temperaturas demasiado altas (sobrecalentamiento); mayor aprovechamiento del suelo que con los colectores de rastreo convencionales, con o sin espejos; mejora de la seguridad operativa: reducción de los requisitos relacionados con la temperatura estructural y de estancamiento; adaptable a productos térmicos existentes (colectores de placa plana, colectores ETCs,...); posibilidad de fabricación en grandes series.



Figura 3. Instalación de los concentradores fabricado en el banco de ensayos de Móstoles

## Caldera de biomasa de baja emisión

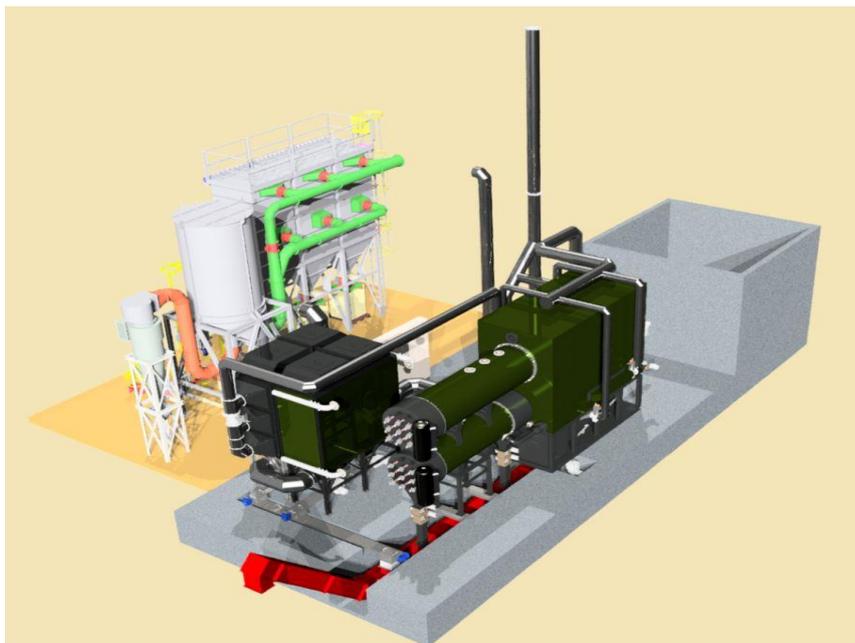
La combustión de biomasa es una de las tecnologías capaz de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y contribuir a ralentizar como mínimo el cambio climático. España es uno de los países europeos con mayores reservas de biomasa y bien utilizada contribuirá a reducir las emisiones de efecto invernadero, la factura en energías convencionales, y jugar un papel principal en el cambio a una economía descarbonizada.

CER-TERMOSUN, actúa como socio en dos instalaciones: en Alcalá de Henares (España) y Racibórsz (Polonia). En la primera se intentan mejorar los niveles de emisión de NO<sub>x</sub> y en la segunda la regulación y control entre varias tecnologías de energías renovables.

La reducción de emisiones de NO<sub>x</sub> es uno de los mayores desafíos a los que la biomasa se enfrenta. Mientras que para el gas natural las normas europeas fijan como límite 100 mg/Nm<sup>3</sup> al 3% de O<sub>2</sub> en el caso de la biomasa es de 300 mg/Nm<sup>3</sup> al 6%.

Uno de los principales objetivos de CER-TERMOSUN en este proyecto WeDistrict, que se está desarrollando durante el período 2019-2023 en la instalación experimental de Alcalá de Henares, es **desarrollar una caldera de biomasa que pueda acercarse a los límites de emisiones del gas natural** de una forma asequible mediante la combinación de varias tecnologías. Para ello, además de desarrollar un diseño de nuevas geometrías de hornos para mejorar la mezcla aire-combustible y la distribución y presión del aire de combustión, se incorpora un innovador sistema DeNO<sub>x</sub> desarrollado por la empresa American Air Filter (AAF), que combina la reducción catalítica selectiva (SCR) a través de los novedosos "filtros de bolsa catalíticos" y la reducción no catalítica (SNCR) mediante inyección de amoníaco o urea. La principal innovación es que el catalizador estará integrado en el filtro, reduciendo el coste del módulo SCR en un 50% con respecto a los sistemas SCR convencionales. Por último, se trabajará en la retención de partículas mediante un filtro de retención de polvo, ya validado en plantas de cemento que serán adaptadas para la planta del proyecto.

CER-TERMOSUN, está llevando a cabo el trabajo de diseñar esta caldera para instalarla en el demostrador de Alcalá de Henares para proporcionar agua caliente de climatización a la sede que CEPSA tiene en dicha localidad. En la siguiente imagen se puede ver el diseño realizado.

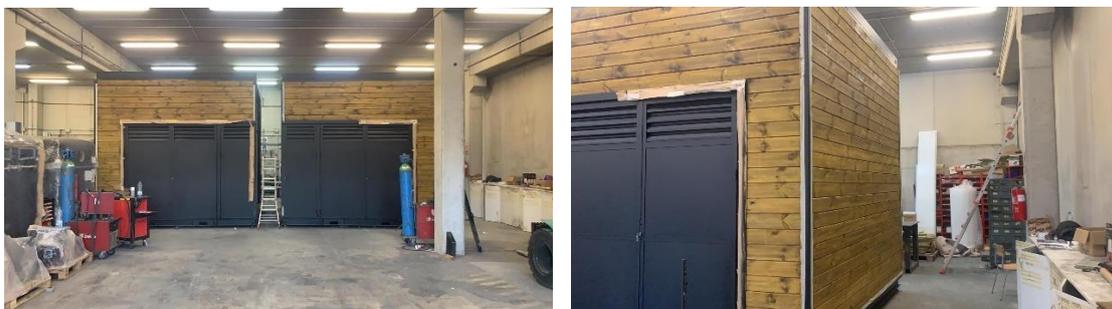


**Figura 4.** Modelo 3D del sistema de caldera de biomasa de baja emisión

En primer plano la caldera CER-TERMOSUN y a la izquierda los equipos de depuración de los humos: reactor neutralizador de gases ácidos y filtros de mangas con catalizador embebido.

La nueva caldera que CER-TERMOSUN está diseñando para reducir los NOx, se caracteriza por mejorar la mezcla aire-combustible gracias a nueva geometría de hogar, el aumento del tiempo de residencia de las partículas en combustión mejorando la turbulencia, y la adición de economizadores y calentadores de aire. Además, se han incluido otras tecnologías más convencionales como la adición de urea/amonio en el hogar como primer sistema de-NOx.

En Polonia, se ha desarrollado una **solución en contenedor** para 2 calderas de 500 kW cada una dentro de los cuales se encuentra toda la instalación eléctrica y la hidráulica del circuito primario. Esta instalación de biomasa sustituirá a la actual de carbón convirtiéndose en más competitiva y sostenible medioambientalmente. Por otra parte, estas calderas incluirán nuevas mejoras como la implementación de recirculaciones de humo que ampliarán la variedad de combustibles utilizables. A continuación, se muestra el resultado final preparado para su envío:



**Figura 5.** Calderas contenerizadas para su envío al demostrador de Racibórsz

## Tecnologías de frío renovable

### RACU – Renewable Air-Cooling Unit

El Grupo de Investigación TEP974, Research Applied Thermal Engineering, ([www.uco.es/rate](http://www.uco.es/rate)), de la Universidad de Córdoba es responsable del diseño, fabricación y suministro de un nuevo prototipo denominado RACU, Renewable Air Cooling Unit. El sistema RACU estará conectado a la red de distrito de agua caliente, y empleará esa energía térmica para refrigerar el edificio mediante aire frío.

Desde el punto de vista tecnológico, el sistema RACU se fundamenta en una cuidada combinación de sistemas basados en tecnología de enfriamiento evaporativo indirecto de muy alta eficiencia junto con tecnología de rueda desecante.

Desde el punto de vista medioambiental el sistema RACU realiza un proceso de enfriamiento de aire totalmente sostenible y respetuoso con el medio ambiente, al estar libre de refrigerantes y otro tipo de sustancias contaminantes. El sistema RACU solo utiliza como fluidos de trabajo aire y agua. El caudal de aire de impulsión nominal del equipo es de 2800 m<sup>3</sup>/h.

Desde el punto de vista de uso de la energía, el sistema RACU permite la refrigeración del edificio empleando energía térmica procedente de fuentes 100% renovables.

Desde el punto de vista de tratamiento de aire, el sistema RACU realiza un control independiente de la temperatura y humedad relativa del local. La capacidad de enfriamiento nominal es de 10 kW y la capacidad de deshumidificación nominal es de 16 kg/h. El sistema RACU también garantiza una excelente Calidad de Aire Interior, ya que el 100% del aire tratado procede del exterior. El prototipo permitiría una calidad de aire interior IDA1 según RITE (>20l/s-persona). Esta última característica es especial relevante en el contexto COVID.



Figura 6. RACU (Renewable Air-Cooling Unit)

### Máquina de absorción de tecnología avanzada

El Grupo de CREVER (<http://www.crever.urv.cat/es/>), de la Universitat Rovira i Virgili de Tarragona, es responsable del diseño, fabricación y suministro de un nuevo prototipo de una enfriadora de agua denominado “Advanced Absorption Chiller”. La enfriadora estará conectada a la red de distrito de agua fría, y empleará esa energía térmica proveniente de los captadores solares y de la caldera de biomasa.

Desde el punto de vista tecnológico, la enfriadora está basada en las enfriadoras de simple efecto de bromuro de litio agua. La novedad de esta enfriadora radica en el uso de materiales para el almacenamiento térmico que permiten aprovechar el calor de condensación. Este calor almacenado es empleado para precalentar la solución de bromuro de litio agua que posteriormente será regenerada en el regenerador. De esta forma, se consigue aumentar el COP del ciclo de absorción (requiriendo menor cantidad de calor para producir agua fría) y reducir el tamaño de las torres de condensación.

Los materiales que se emplean para la acumulación térmica son de bajo coste y el fluido de trabajo es de nulo GWP. Además, las fuentes de calor requeridas son de baja temperatura y 100% renovables.



Figura 7. Prototipo de máquina de absorción en el laboratorio

## Hibridación Geotermia-Fotovoltaica

La UPB (Universidad Politécnica de Bucarest) está desarrollando un concepto de sistema híbrido compuesto por 2 subsistemas interconectados: Subsistema térmico y Subsistema eléctrico. La producción de energía eléctrica cubrirá el consumo del subsistema térmico y la sobreproducción de calor producido a partir de RES se podrá inyectar al District Heating actual.

Esta hibridación está formada por una serie de tecnologías, que integradas de manera óptima, permitirán reducir en un 80% las emisiones de CO<sup>2</sup> (en el demostrador de Bucarest). Las

tecnologías son: pozos geotérmicos, bombas de calor, paneles híbridos térmicos-fotovoltaicos y tanque de almacenamiento de agua para el subsistema térmico, mientras que el subsistema eléctrico estará formado por paneles fotovoltaicos, inversores y baterías eléctricas.

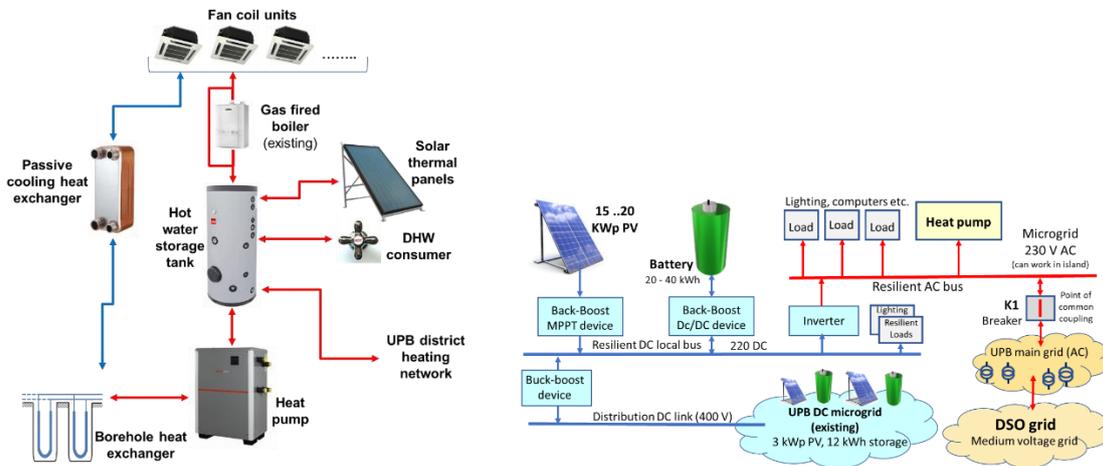


Figura 8. Esquema conceptual hibridación PV-Geotermia (izq. Subsistema térmico, der. Subsistema eléctrico)

## Almacenamiento térmico en sales fundidas

Una de las tecnologías innovadoras que se van a probar en instalaciones de climatización centralizada es la utilización de un almacenamiento basado en el uso de sales fundidas como elemento calorífugo. Este desarrollo se hace en cooperación entre FERTIBERIA y UPM y consiste en un **tanque termoclino relleno de material sólido poroso** en el que las sales actúan como elemento fundamental de trasiego y acumulación de energía. Esta tecnología se emplea en centrales termoeléctricas solares, pero esa adaptación a esta instalación implica el desarrollo de una sal que sea capaz de trabajar en estado líquido a temperaturas significativamente más bajas, y en modo estratificado, frente a las temperaturas de más de 400 °C y en modo de dos tanques isoterms, que es lo que se utiliza en los desarrollos termoeléctricos.

En particular FERTIBERIA en el proyecto WEDISTRICT instalará su novedosa formulación de sales de almacenamiento térmico que permiten gestionar la energía de las distintas fuentes renovables que se van a implementar para suplir según necesidad y demanda. Estas sales presentan la novedad de una temperatura de fusión extremadamente baja respecto al estado del arte (alrededor de 110 °C). Esta sal, formada por nitratos alcalinos y alcalinotérreos se produce en las factorías de FERTIBERIA en España. Además, sus características fisicoquímicas son muy similares a las de los materiales estándar de almacenamiento térmico con la ventaja de ser viables y operar a mucha menor temperatura manteniendo un coste muy competitivo, haciéndola viable para aplicaciones como DHC, recuperación energética en procesos industriales, etcétera.

El tanque termoclino se diseñará con una capacidad de 2 MWh, lo que implica poder almacenar la potencia nominal que produce la tecnología solar de concentración durante casi 5 horas. El tanque está concebido como un depósito de acero de unos 30 m<sup>3</sup>, relleno de piedras de cuarcita con una porosidad total en torno al 25%. El tanque termoclino contará con dos depósitos

auxiliares isotermos de recepción de sales calientes y frías. Los depósitos de recepción sólo estarán ocupados por sales, y servirán para desligar el aporte o descarga variable desde el intercambiador reversible de sales/aceite del propio ingreso de sales al tanque principal. La potencia de carga y descarga nominal al tanque se realizará por gravedad, ajustándose a criterios que permiten realizar esas operaciones sin desestabilizar la distribución de temperaturas en el tanque termoclino. Estos tanques tendrán un volumen de aproximadamente 0,30 m<sup>3</sup>. En el diseño del tanque se dispondrá de un sistema basado en resistencias calefactoras interiores, y traceado exterior que evite la congelación de las sales. El esquema funcional se presenta en la figura, en la que puede observar el modo de funcionamiento de carga y descarga del tanque:

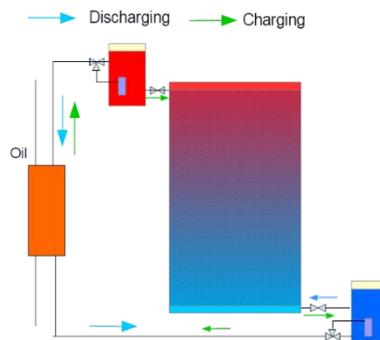


Figura 9. Esquema funcional del tanque de almacenamiento.

## Recuperación de calor con pila de combustible

Además de la mejora de las tecnologías de generación, una de las claves para reducir el impacto medioambiental global es la recuperación de calor. Actualmente hay numerosos procesos industriales que generan calor residual, el cual es mayormente disipado al ambiente. Entre ellos destacan los centros de procesamiento de datos, instalaciones de alta densidad de energía y demanda refrigeración. Estas están en claro auge debido a la expansión de la digitalización y los servicios de internet, lo que supone un incremento del consumo eléctrico y de calor residual disponible.

Una de las tendencias para reducir el impacto medioambiental de los centros de procesamiento es el uso de pilas de combustible. Estas permiten la utilización de biogás o hidrogeno renovable, reduciendo la huella de carbono. Además, permiten reducir la dependencia de la red eléctrica y simplificar la distribución de potencia en los servidores. Pese a esto, las pilas de combustible, y especialmente óxido sólido, también generan calor a alta temperatura, el cual no es útil para el centro de procesamiento de datos. Esto se suma al calor residual debido a la refrigeración de los servidores, la recuperación del cual presenta un reto debido a su baja temperatura.

RISE e IREC son responsables de desarrollar las metodologías para **la recuperación de calor a redes de distrito de los centros de datos alimentados por pilas de combustible**. El objetivo es maximizar la recuperación de calor de las dos fuentes (refrigeración de servidores y gases de escape de las pilas de combustible), proponiendo esquemas térmicos y eléctricos innovadores a la vez que se propone un modelo de negocio atractivo para los gestores de centros de procesamiento de datos.

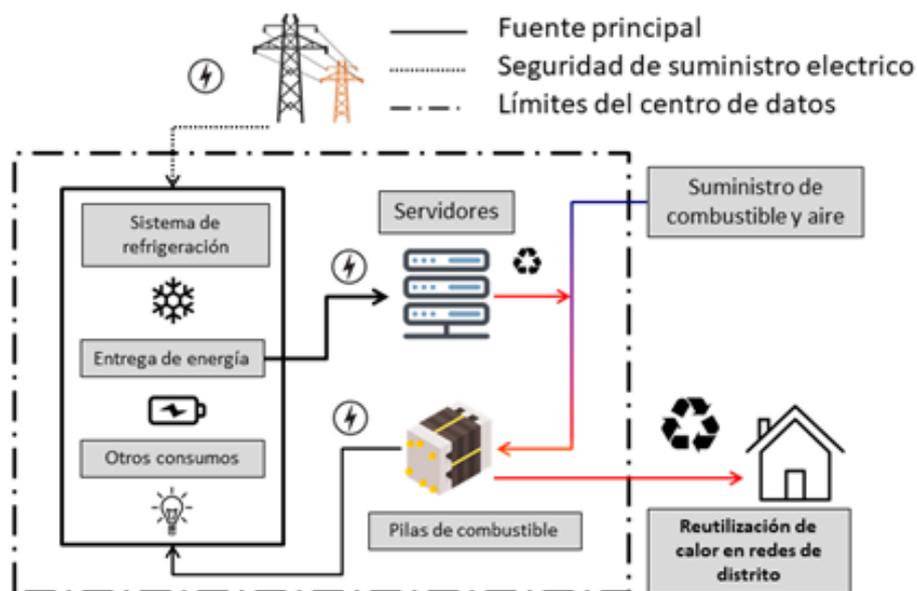


Figura 10. Esquema funcional del sistema de recuperación de calor con pila de combustible.

## Plataforma de Digitalización Avanzada

La digitalización es un fenómeno que, potenciado por el impulso de corrientes como el Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT) o el Big Data, se ha ido filtrando a través de los poros de prácticamente todos los sectores que componen nuestra sociedad. Desde el segmento de los monitores de salud de carácter individual hasta la mastodóntica industria 4.0, supone un desafío encontrar lugares donde la utilización de nuevas tecnologías no se haya empezado a hacer un hueco.

Esto no es diferente en el marco de las redes de frío y calor, donde en el momento de escribir este documento, nos encontramos a caballo entre la tercera y cuarta generación<sup>5</sup>. En paralelos a los grandes desafíos inherentes a este salto, donde el giro hacia las fuentes renovables o la reducción drástica en las temperaturas de distribución y retorno atraen los focos, la digitalización juega un papel no menos importante y hace que todo el sistema cobre sentido de una manera homogénea. Gracias a la integración y agregación de las diferentes fuentes de generación, la monitorización remota de todos y cada uno de los dispositivos presentes en la red, o la posibilidad de controlar dispositivos a través del envío de señales eléctricas, se abre paso a todo un nuevo mundo de posibilidades.

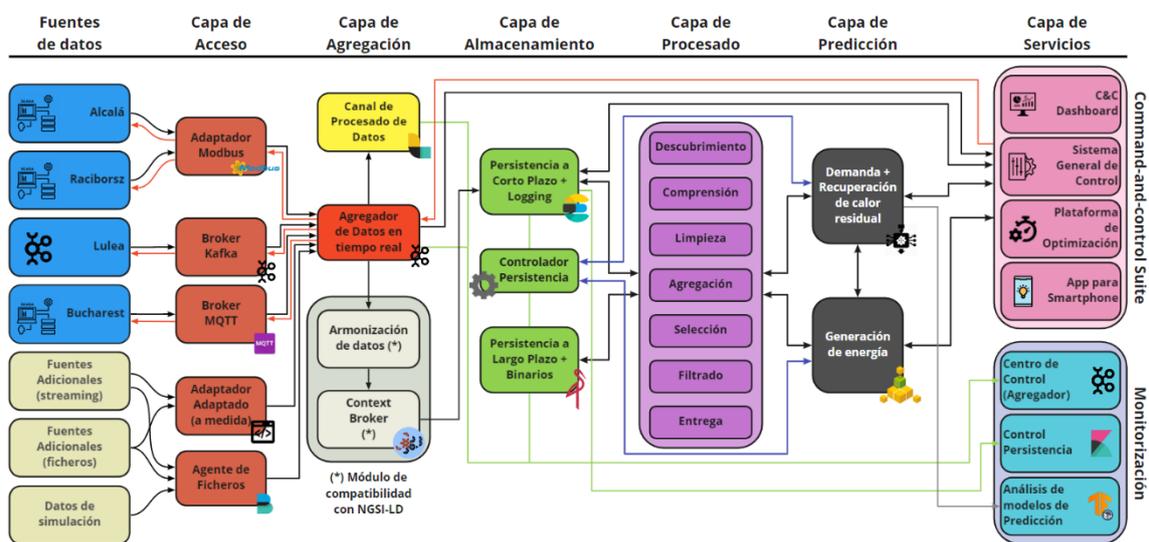
Sin embargo, uno de los principales enemigos en este tipo de soluciones se suele encontrar en la necesidad de las compañías de producir sus propias soluciones. Este afán de “privatizar” la forma en la que los diferentes componentes se comunican e intercambian información, da lugar a un efecto conocido como “silos verticales” donde, a grandes rasgos, los dispositivos del

<sup>5</sup> Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>

fabricante “A” no “entienden” los mensajes generados en los del “B”, y viceversa. Uno de los grandes caballos de batalla en los últimos años en este ámbito, que no sólo involucra al sector de la energía, sino a muchos otros (e.g., ciudades inteligentes, healthcare, etc.), es la búsqueda de soluciones que logren la ansiada interoperabilidad entre plataformas, eliminando estas barreras invisibles que bloquean el paso a un progreso convergente.

Con el fin de ofrecer una solución común y transparente, dentro del proyecto WEDISTRICK se ha diseñado una **plataforma ICT** (del inglés, Information and Communication Technologies) descentralizada (i.e., en la nube), donde convergerán los datos generados por los sistemas de monitorización de los cuatro pilotos que componen el proyecto. En el sentido inverso, **el sistema será capaz de ofrecer un sistema autónomo de control y optimización de toda la operación de la red del distrito**. Para conseguir un manejo transparente e inerte de los diferentes escenarios, el sistema se ha diseñado en base a la utilización de tecnologías, interfaces y protocolos de comunicaciones abiertos. De este modo, cualquier red de distrito externa podrá integrarse como parte de la plataforma WEDISTRICK de una manera sencilla y directa, sin importar las tecnologías y derivados subyacentes, que por defecto puedan estar sujetas a las políticas del fabricante.

La Figura 11 trata de representar, en una única toma, la estructura (lógica) que compone la plataforma de digitalización avanzada de WEDISTRICK. A grandes rasgos se muestra, de izquierda a derecha el flujo que llevan los datos desde las fuentes que los originan hasta que son consumidas por los servicios, expuestos hacia el usuario de una forma visual y amigable. Al mismo tiempo, esta capa final se encarga de generar señales en el sentido inverso, permitiendo un control optimizado de la red del distrito.



**Figura 11.** Plataforma de digitalización avanzada (código de colores: negro – datos; verde – monitorización de la plataforma; rojo – señales de control; azul – transferencia de modelos)

Ahondando un poco en los detalles, se puede observar cómo, en paralelo a la inyección de datos de los diferentes pilotos (i.e., Alcalá de Henares, Bucarest, Racibórsz y Luleå, se recopila información de fuentes externas (como predicción meteorológica y de radiación solar, horarios/calendarios laborales, históricos y resultados de simulaciones, etc.) que vendrán a complementar y mejorar el contexto global en cada uno de los demostradores. Tras atravesar

una serie de capas intermedia donde la información se agrega, filtra, transforma y almacena, el conocimiento generado será utilizado por los dos niveles superiores. En primer lugar, esta amalgama de datos servirá para producir predicciones de la energía generada, el consumo final y la recuperación de calor (parte de un escenario concreto centrado en un centro de datos). Desde un punto de vista técnico, en este punto entran en juego la utilización de técnicas de aprendizaje profundo (a.k.a. Deep Learning) y de modelado dinámico basado en la herramienta de simulación TRNSYS. Los resultados producidos en esta capa (en forma de predicciones) se combinarán con todos los anteriores para, en última instancia, alimentar a un completo sistema de control y optimización, individualizado para cada uno de los pilotos. Aquí, gracias en gran parte a los valores “futuros” generados con anterioridad, se podrá garantizar un mantenimiento predictivo de las redes, que se anticipe con suficiente antelación a los eventos que puedan ocurrir en una ventana de 3-4 días. Para representar todo esto de la forma más visual e intuitiva posible, tanto usuarios finales como administradores y operadores tendrán accesos dedicados (vía página web y/o aplicación móvil nativa) a toda la información recogida y generada en el contexto de sus respectivos distritos.

## Otras tecnologías convencionales

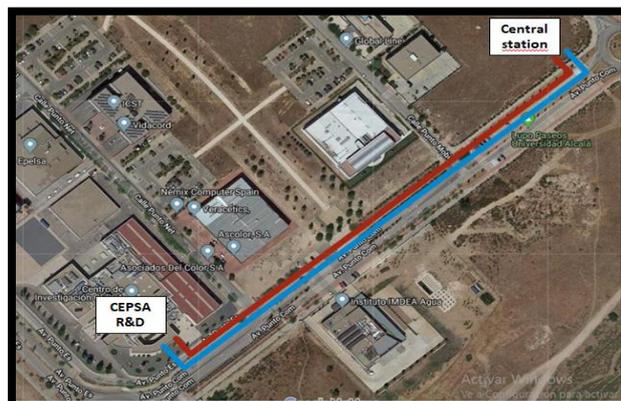
Además de las tecnologías WEDISTRICK, que serán estudiadas y validadas en la etapa de demostración, otros equipos convencionales serán integrados en los demostradores para completar el suministro energético en su conjunto y permitir extender el sistema de digitalización avanzada con la integración de otros equipos energéticos. Estas tecnologías serán: almacenamiento de agua, paneles solares fotovoltaicos, bomba de calor o paneles híbridos para el suministro de agua caliente sanitaria.

## 4. DEMOSTRADORES WEDISTRICK

En esta sección se describen las principales características de los 4 demostradores del proyecto WEDISTRICK junto a un resumen del análisis ya realizado en el primer año de proyecto [3] donde se listan los impactos positivos y negativos de los factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ambientales y Legales y se evalúan en una escala desde muy negativa a muy positiva (análisis PESTLE).

### Alcalá de Henares

España es uno de los países más atractivos en cuanto al desarrollo de la energía solar en Europa. Alcalá de Henares, ubicada en Madrid cuenta con una Irradiación Normal Directa (DNI) de 1.989 kWh/m<sup>2</sup>, lo que convierte a la tecnología solar de concentración en una solución prometedora en esta ciudad. Ante la necesidad de demostrar la posibilidad de satisfacer el 100% de la demanda de calefacción y refrigeración



con energías renovables, el Centro de Investigación CEPSA fue seleccionado como edificio representativo del proyecto WEDISTRICK en Alcalá de Henares para conectarse a una red de calor y frío.

Dado que el objetivo es aumentar la tasa de energía solar, la mejor manera de hacer coincidir la producción solar y la demanda de energía es mediante un sistema de almacenamiento con un amplio rango de temperatura de funcionamiento. La sal fundida representa la solución más flexible para el almacenamiento de calor y encaja perfectamente con Alcalá DHC porque tiene un valor de densidad superior al agua (~ 2000 kg / m<sup>3</sup>) y alcanza perfectamente los 250°C. Estas razones hacen que la mezcla de sal sea una solución muy interesante. Además, las siguientes tecnologías serán integradas para su estudio:

- Colectores Solares de Concentración: 3 campos con 3 tecnologías diferentes: CSP, Fresnel y concentrador de seguimiento para colector de inclinación fija.
- Refrigeración solar: Sistema RACU para suministro de climatización en la oficina central y enfriadora de absorción avanzada para suministro de District Cooling. Además de esto, un enfriador de absorción convencional cubrirá las necesidades de enfriamiento.
- Almacenamiento térmico: 1 tanque termoclino de almacenamiento de sales y 1 tanque de agua.
- Caldera de biomasa de alta eficiencia y bajas emisiones: 1 caldera de biomasa y filtros de aire mejorados para la reducción de contaminantes atmosféricos.

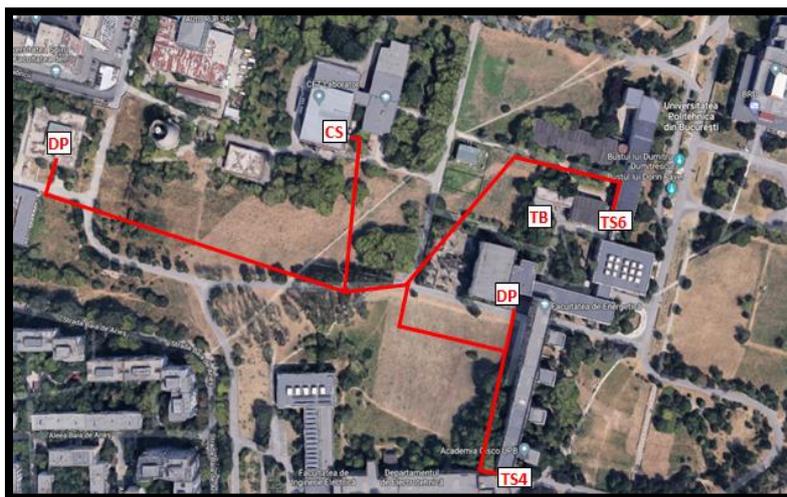
**Cuadro 1.** Resumen análisis PESTLE para desarrollo de DHC en ESPAÑA

	Muy negativo	Negativo	Positivo	Muy positivo
Político		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento sobre la distribución del calor en edificios muy básica, derivando en una pobre representación de requerimientos DH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Plan Integrado de Energía y Plan Climático (INECP en inglés) incluye medidas específicas para incrementar la presencia de DHCs para el año 2030</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja de ruta en la planificación del despliegue de redes DHC en fase avanzada</li> </ul>
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertidumbre sobre el pronóstico de la economía española tras el impacto de la COVID-19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ratio de DHCs sobre el consumo total muy baja (0.15% en 2017)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes previsiones de inversión para la transición energética (INECP).</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías desconocidas para la mayoría de los españoles</li> <li>• La mayor parte de la población tiene sus propias calderas en sus casas</li> <li>• Percepción de las plantas generadoras como entidades contaminantes (efecto “nimby”)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población con edad avanzadas, menos propensa a los cambios</li> <li>• No hay relación directa entre ahorros y calefacción con la Salud</li> <li>• Falta de confianza en el Gobierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena percepción de las fuentes de energía renovables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 74% de la población vive en ciudades; de los cuales el 67% en apartamentos, lo que aumenta la rentabilidad</li> <li>• 45% de la gente joven en viviendas de alquiler, lo que permite a las compañías del Estado conectar edificios a redes DH</li> </ul>

	Muy negativo	Negativo	Positivo	Muy positivo
Tecnológico		<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovación baja en sistemas de almacenamiento para DHCs. Principalmente, basados en tanques de agua</li> <li>Poca experiencia en la integración de tecnologías solares térmicas en DHCs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tendencia creciente de instalaciones DHC en España desde 2011</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oportunidad de negocio para instalar tecnologías solares y sistemas de almacenamiento innovadores, gracias a las condiciones climatológicas del país</li> </ul>
Medioambiental		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ratio elevado de construcciones antiguas con baja eficiencia energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El incremento de atención al cambio climático dispara las acciones para su mitigación</li> <li>Aumento de la demanda energética como vehículo para nuevos desarrollos y despliegues de redes DHC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regulación más restrictiva con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero</li> <li>La calidad del aire en las ciudades es algo a ser tenido en cuenta</li> </ul>
Legal		<ul style="list-style-type: none"> <li>No existe regulación específica para la implementación de DHC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La Asociación Española de DHCs se ha incorporado (como representante miembro del país) a Euroheat &amp; Power</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Próxima Ley sobre Cambio Climático y Transición Energética</li> </ul>

## Bucarest

El proyecto de demostración en la Universidad Politécnica de Bucarest (UPB) investigará la integración de sistemas de energía renovable en un sistema de calefacción de distrito (DH) existente, que se encuentra operado por un sistema de cogeneración a gas que representa el 100% de la energía térmica y parte del consumo eléctrico. En particular, el Laboratorio de fuentes de energía renovable (TB en la imagen) se utiliza como edificio objetivo para el caso de estudio, que consiste en la validación de un nuevo suministro de calor basado en energías renovables mediante la hibridación térmica-eléctrica (fotovoltaica-geotermia). Este edificio demostrador fue elegido ya que se encuentra en una zona de red ineficiente (representada por las líneas rojas de la figura), donde el edificio no es capaz de recibir las necesidades energéticas por parte del sistema de distrito actual.



La nueva solución técnica integra las siguientes tecnologías:

- Paneles fotovoltaicos instalados en la cubierta del edificio;
- Paneles solares híbridos térmico-fotovoltaicos para producción de ACS conectados al tanque de inercia;
- Bomba de calor geotérmica que proporcionará la calefacción del edificio. El calor producido por la bomba de calor se almacena en el acumulador intermedio y se utiliza según las necesidades para calentar los espacios mediante fancoils;
- La demanda de refrigeración estará asegurada por un sistema de enfriamiento pasivo que utiliza los pozos geotérmicos y las unidades fancoil conectadas a través de un intercambiador de calor;
- La operación y control del equipo se integrará en un sistema inteligente de gestión de energía.

El proyecto considera también una parte eléctrica resiliente. El objetivo principal es permitir el suministro de energía total o casi total de la bomba de calor proporcionada por la generación renovable, con un enfoque robusto y energéticamente eficiente.

**Cuadro 2.** Resumen análisis PESTLE para desarrollo de DHC en RUMANÍA

	Muy negativo	Negativo	Positivo	Muy positivo
Político	Medidas gubernamentales débiles. Se requiere más cooperación administrativa para renovar infraestructuras y equipamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principales documentos (RoES y LTRS) que sirven como guía y soporte para las políticas energéticas nacionales no ha sido oficialmente aprobadas aún</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El marco político contempla el desarrollo de DHCs eficientes con fecha límite 2030</li> </ul>	
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacidad de adquisición</li> <li>• Falta de medidas económicas para la implementación de RES-DHS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inflación por encima de la media europea</li> <li>• Tipo de divisa nacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precios de energía favorables en comparación con la UE</li> <li>• Mecanismos financieros para la industria</li> <li>• Subvenciones nacionales para RES-H pequeños y/o individuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de desempleo en recesión</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento limitado del efecto de la rehabilitación de edificios o la reconfiguración de los sistemas energéticos</li> <li>• El marco legislativo actual deriva en una excesiva burocracia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada tasa de pobreza energética (comparada con la media europea)</li> <li>• Falta de trabajadores experimentados en tecnologías de eficiencia energética y fuentes renovables.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidad del sector energético para contribuir en el desarrollo del país</li> </ul>

<b>Tecnológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos presupuesto/inversiones</li> <li>• Poca capacidad de fabricación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos investigación y Desarrollo en el sector privado</li> <li>• Escasez tecnológica para edificios de “baja energía”</li> <li>• Mejoras en innovación y tecnología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso a subvenciones Europeas para investigación y desarrollo</li> <li>• Dinamismo en cuanto a progresión tecnológica y científica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta accesibilidad a la información</li> <li>• Creciente adopción de nuevas tecnologías</li> <li>• Incremento en el uso del smartphone e Internet</li> </ul>
<b>Medioambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos, tanto urbanos como industriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de información sobre penalizaciones medioambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consciencia creciente sobre el cambio climático</li> <li>• Fondos EU/Rumanía como soportes y co-financiaciones para sistemas de bajas emisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial energético y en materias primas</li> </ul>
<b>Legal</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrasos en la aplicación de la ley</li> <li>• Incoherencias en la aplicación de la legislación sobre la eficiencia energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las políticas energéticas en Rumanía con consistentes con los requerimientos de la UE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopción de la Ley 184/2018 sobre la regulación del estatus de “prosumer”</li> </ul>

## Racibórsz

Racibórsz es la ciudad elegida para llevar a cabo una rehabilitación de una red de distrito ya existente que se suministra de carbón. Cabe decir en este punto que el 91% del suministro de energía de Polonia se basa en el consumo de combustibles fósiles (en comparación con el 73% de la media de la UE6). Racibórsz es una localidad con una población de 54.778 habitantes. Los ciudadanos, los fabricantes y las autoridades locales están ansiosos por reemplazar completamente el carbón en un futuro cercano con calefacción urbana basada en energía renovable considerando que no debería haber un



<sup>6</sup> Climate scorecard, *Poland Emissions Reduction Challenges*. August 30, 2016

aumento significativo en los costes de energía.

El desafío del proyecto WEDISTRICK es satisfacer los requisitos de los usuarios finales demostrando tanto el impacto económico como los efectos energéticos y ambientales del nuevo sistema. El sistema de calefacción urbana ya está presente y es funcional (representada en rojo en la imagen), el proyecto WEDISTRICK instalará la unidad de generación de calor de biomasa junto a un sistema fotovoltaico que servirá de suministro para el consumo eléctrico del conjunto. Además, se integrarán otras infraestructuras como son un sistema almacenamiento térmico y otros elementos integradores.

**Cuadro 3.** Resumen análisis PESTLE para desarrollo de DHC en POLONIA

	Muy negativo	Negativo	Positivo	Muy positivo
Político		<ul style="list-style-type: none"> <li>El gobierno polaco y las organizaciones de apoyo a las RES no muestran claramente su apoyo al DHC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Política estable y favorable a la eficiencia energética y las mejoras térmicas.</li> <li>Alto presupuesto para acciones de I + D + I de organismos gubernamentales.</li> <li>Las regiones polacas han puesto en marcha políticas innovadoras para aumentar el ritmo y la profundidad de la renovación térmica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran apoyo financiero para determinadas fuentes de energía renovable (fotovoltaica, biomasa) de organizaciones gubernamentales polacas (NFOŚiGW)</li> <li>Biomasa torrefactada como combustible: en la Ley de FER de Polonia (Varsovia, 29 junio 2018 r. P.1276).</li> </ul>
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ranking social, ambiental y de salud débil (cáncer).</li> <li>Preocupante aumento de la Deuda Privada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivos fiscales de baja eficiencia</li> <li>Precios elevados para tecnologías energéticas como: bombas de calor, equipos de refrigeración innovadores y sistemas HVAC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta tasa de empleo.</li> <li>Polonia se encuentra entre las economías de más rápido crecimiento de la Unión Europea en 2020.</li> <li>Los bajos tipos de interés y la ejecución de inversiones relacionadas con los fondos de la UE mantienen las perspectivas de crecimiento económico de Polonia a corto plazo.</li> </ul>	
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los ciudadanos polacos no están preparados para utilizar servicios basados completamente en la plataforma web.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pobreza energética en los municipios pequeños y medianos polacos (todos los grupos de ciudadanos) y en algunas grandes ciudades (personas mayores de 60 años) debido a los bajos salarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creciente preocupación y conciencia sobre el cambio climático.</li> <li>Creciente conocimiento social en el área de “Tecnologías Verdes” gracias a los nuevos programas de formación de NFOŚiGW (“Capital Humano” 2014-2020).</li> <li>Incremento del número de ingenieros con especialización en RES (FV, Biomasa, Eólica, Bombas de Calor, Colectores Solares, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento del número de universidades técnicas en Polonia (&lt;12 de 16) con facultades que imparten educación superior en el sector: energía y fuentes de energía renovables.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento del número de gerentes con formación técnica en el Sector Energía con RES como principal especialización.</li> </ul>	
Tecnológico		<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de servicios de bombas de calor altamente calificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marca de calidad (certificación) para rehabilitación.</li> <li>Distribuidores fotovoltaicos baratos disponibles en el mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuevos productores de pellets de biomasa torrefactada.</li> <li>Nuevas productoras de calderas de biomasa de potencia media.</li> </ul>
Medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impacto adverso de las renovaciones: energía incorporada, materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viviendas unifamiliares de obra nueva con muy baja demanda energética gracias a buenos aislamientos térmicos, no priorizando inversiones adicionales en distintas soluciones energéticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parque de edificios antiguos con alto consumo energético.</li> <li>Adaptabilidad a los impactos del cambio climático.</li> <li>Problemas con combustible de baja calidad en municipios pequeños y problemas de bajas emisiones durante el período de calefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad actual de afrontar problemas muy importantes de contaminación y emisiones en las grandes ciudades (Cracovia, Katowice, Zabrze, Gliwice, Wrocław, Zakopane - Sur de Polonia y Warszawa, Łódź, Częstochowa, Kielce - Polonia Central).</li> </ul>
Legal		<ul style="list-style-type: none"> <li>Largo plazo desde las enmiendas de 2014 (Ley RES)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En base a las MTD (Mejores Técnicas Disponibles), se determinan los límites de emisión, que deben tener en cuenta las características técnicas de la instalación, su ubicación geográfica y las condiciones ambientales locales.</li> <li>Economía circular: reutilización de productos de construcción.</li> <li>Obligación de conectarse a DH en determinadas condiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normativa sobre combustibles de biomasa.</li> <li>Regulación térmica para edificios existentes .</li> <li>Normativa sobre instalaciones fotovoltaicas.</li> </ul>

## Luleå

Suecia ha alcanzado los objetivos climáticos del protocolo de Kioto. En las últimas décadas, Suecia ha logrado reducciones sustanciales en sus emisiones de CO2, mientras mantiene un crecimiento económico alto y sostenible. La principal razón de este éxito en la política climática es la expansión a nivel nacional de la calefacción urbana eficiente, suministrada por fuentes de energía no fósiles. La Agencia Sueca de Protección Ambiental ha señalado la calefacción urbana como una de las razones del éxito. La calefacción urbana, que representa la mitad de la calefacción sueca, ha pasado de ser casi exclusivamente alimentada por combustibles fósiles en la década de 1980 a 2017, siendo aproximadamente un 90% de calor renovable y reciclado. Por lo tanto, el desafío para esta demostración sería dar un paso adelante con una propuesta innovadora de recuperación de calor residual. Para ello, se validará la recuperación del exceso de calor de los centros de datos en una planta piloto ubicada en Lulea (Suecia). El calor

excedente de los centros de datos se recuperará (mediante tecnología de refrigeración líquida) y se elevará a una temperatura adecuada para ser suministrada a la red de calefacción urbana de Luleå mediante tecnología de pila de combustible.

Por tanto, la demostración en Lulea propone un sistema de Cogeneración basado en pila de combustible que tienen la capacidad de producir energía eléctrica en corriente continua, así como calor utilizando biogás/hidrógeno como combustible. La energía eléctrica generada se utilizará para alimentar el propio centro de datos y el calor obtenido será suministrado a la red DH existente.

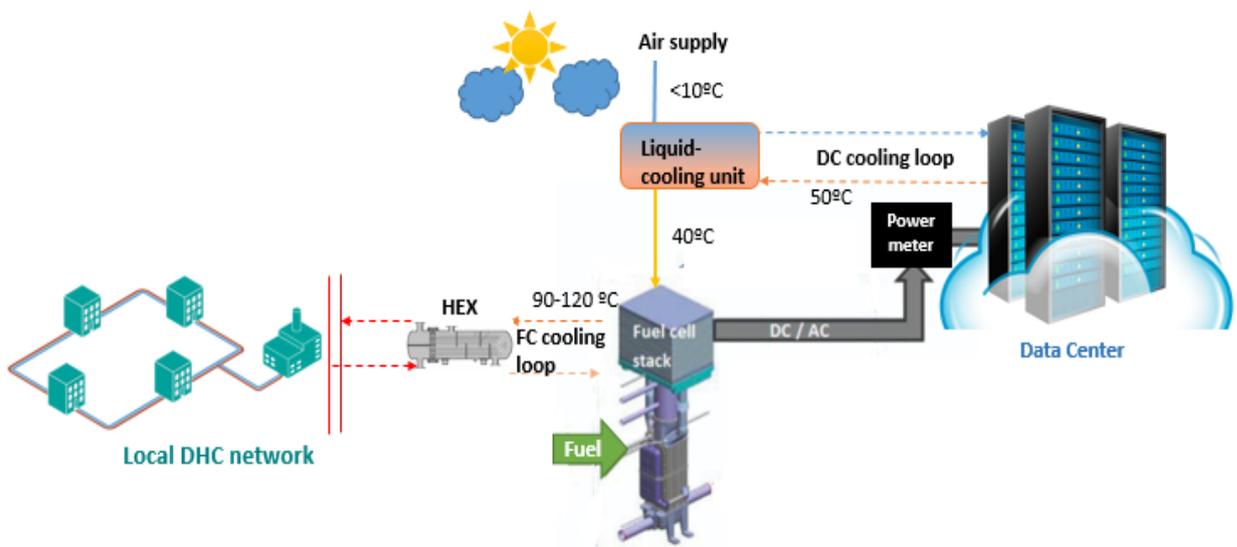


Figura 12. Esquema conceptual del demostrador en Lulea.

Cuadro 4. Resumen análisis PESTLE para desarrollo de DHC en SUECIA

	Muy negativo	Negativo	Positivo	Muy positivo
Político		<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemas de acceso de terceros al conectar WHR a DHC</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoya el objetivo de ser neutro en CO2 para 2045</li> </ul>
Económico		<ul style="list-style-type: none"> <li>Podrían aumentar los costes de capital de construcción de los centros de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial para reducir los precios de la energía de DH al consumidor.</li> <li>Los costes operativos de los centros de datos urbanos podrían reducirse con soluciones WHR sostenibles en áreas urbanas.</li> </ul>	

<b>Social</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibiliza a los usuarios finales de los servicios en la nube de que su huella digital contribuye al suministro de la red DH.</li> <li>Las redes locales de DHC ya ofrecen un buen nivel de vida sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar pilas de combustible como energía principal reduce la competencia en el suministro de electricidad urbana para</li> </ul>
<b>Tecnológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuestiones geográficas para recuperación de calor basado en pilas de combustible ya que el acceso a combustible y DH local no está disponible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuevo concepto / Falta de experiencia en la integración de pilas de combustible, centros de datos y recuperación de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede ayudar a reducir el consumo de energía en los centros de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación de calor local utilizando pilas de combustible ofrece a otros sectores acceso a agua caliente &gt; 75 ° C.</li> </ul>
<b>Legal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La legislación actual está inhibiendo el crecimiento del suministro de DH a los nuevos edificios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin marco regulatorio para el acceso de terceros a la red DHC</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuertes movimientos que podrían convertirse en ley para que los centros de datos recuperen su calor</li> </ul>
<b>Medioambiental</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>La falta de sinergia en el uso de recuperación de calor con la red de DH podría ser contraproducente sin una integración holística.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial para una economía circular regional al convertir los residuos urbanos en biogás.</li> <li>La evolución de las redes de DH apoya la vida sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grandes oportunidades para soluciones de recuperación de calor.</li> </ul>

## 5. CONCLUSIONES Y LECCIONES APRENDIDAS

### La aceptación pública y la participación de los ciudadanos

En gran medida, el rendimiento real de los sistemas tecnológicos depende de los usuarios, su comportamiento y voluntad de cambiar sus rutinas. La oposición pública puede retrasar o incluso obstruir la implementación de tecnologías y medidas sostenibles, si no se considera el factor humano. Hay muchos ejemplos de tecnologías que no fueron adoptadas por el mercado debido a la resistencia social.

Por lo tanto, para asegurar un despliegue exitoso de tecnologías innovadoras basadas en las energías renovables como las del proyecto WEDISTRICT, se deben tener en cuenta las

necesidades de los usuarios finales directamente afectados por la tecnología, su conocimiento sobre los diferentes aspectos de la eficiencia energética y su posible sesgo.

El Instituto Europeo de Comunicación Científica (ESCI) realizará, en primer lugar, una investigación de antecedentes, identificando los factores clave que influyen en la aceptación social de las tecnologías de energía renovable y las DHCs, como las normas sociales, las preocupaciones ambientales y financieras, el miedo a las nuevas tecnologías, etc.

En el siguiente paso, junto con los socios locales, ESCI llevará a cabo una serie de entrevistas con los ciudadanos directamente afectados por las instalaciones del proyecto en los sitios de demostración en Polonia y España. Estas entrevistas brindarán a los socios del proyecto información de primera mano sobre las actitudes de los usuarios, las desventajas percibidas, los prejuicios con respecto a las soluciones del sitio de demostración, así como las necesidades que podrían parecer insatisfechas. Estos hallazgos se utilizarán para desarrollar una campaña de aceptación de las soluciones WEDISTRICK para fomentar la aceptación de la tecnología.

Muchas de las soluciones desarrolladas dentro del proyecto pueden parecer exóticas a los usuarios, debido a su carácter innovador y complejo. En general, la mayoría de las fuentes de energía renovables tienen impactos tangibles negativos, como ruidos, olores o cambios visuales en el medio ambiente. Debido a la descentralización de la producción de energía, estos factores negativos afectan de manera directa los hogares y oficinas. Los impactos positivos son, a su vez, a menudo abstractos y difíciles de comprender. Por lo tanto, será importante poner las tecnologías y soluciones en perspectiva, hablando con los usuarios en un idioma que comprendan, aumentando así las posibilidades de aceptación y adopción de la tecnología.

## Situación de redes de distrito en Europa y tendencias

El estado actual de redes de distrito en los países europeos se encuentra en etapas de desarrollo muy diferentes. En particular, los países con una pequeña proporción (<10%) de DH son Eslovenia, Croacia, Países Bajos, Francia, Suiza, Noruega, Italia, Reino Unido, Grecia, España, Portugal, Irlanda y Bélgica. En general, estos países tienen una alta proporción de calefacción individual con una alta proporción de combustibles fósiles, principalmente gas natural. Existe una falta de conciencia y conocimientos prácticos sobre cómo implementar los sistemas de DHC. Esto se refleja en la falta de marcos legislativos y regulatorios y planes maestros, en general.

Para el caso particular de España, existe una pequeña cantidad de km de red, sin embargo, la mayor parte de las DH son alimentadas por RES (biomasa principalmente), por lo que se podría decir que en España se entró más tarde, pero de manera más eficiente que otros países.

En los Países Bajos (y Reino Unido), por ejemplo, la DH no se ha desarrollado debido a la fuerte competencia de las propias fuentes de gas natural que cuentan con unos precios muy bajos, pero esta política está cambiando debido a varias razones: cambio climático, resiliencia política y problemas con los terremotos en Groningen (el Países Bajos).

En el sur de Europa, el DH tiene poca participación de mercado debido a la baja demanda de calor, pero existe un interés creciente por razones ambientales para eliminar la contaminación debida a calefacción, como es el caso de Milán, y nuevos desarrollos urbanos, como en el 22@Barcelona.

Los países con una gran proporción de DH (> 50%) son Dinamarca, Lituania, Eslovaquia, Estonia y Suecia. Para los países con una participación de DH de más del 50%, la expansión de DH no es el área de enfoque principal en su hoja de ruta. Los mercados saturados cambian el desarrollo de extensiones de redes por el aumento de la eficiencia general de las redes mediante el uso de renovables y nuevas tecnologías.

Los países con una participación media de DH (Entre 10% y 50%) son Polonia, República Checa, Finlandia, Letonia, Rumania, Hungría, Bulgaria, Austria y Alemania. Dependiendo del país, los combustibles fósiles o los biocombustibles son el principal combustible para la producción de calor (combustibles fósiles de Polonia y Rumanía). La condición de las redes existentes varía en esta categoría, ya que algunas redes no se han mantenido adecuadamente a lo largo de los años. La renovación de las redes existentes es clave para mantener la cuota de mercado de DH en estos países.

Cabe mencionar el caso de los países de Europa del Este que destacan por contar con tuberías/sistemas más antiguos. Estos deben renovarse y optimizarse para reducir las pérdidas de calor y la pérdida de clientes, a su vez.

El desarrollo de las DHC más razonable depende de varias condiciones nacionales:

- Regulación del mercado;
- Creencia política;
- Clima

Una de las principales conclusiones obtenidas en el proyecto es que el desarrollo más lógico de la DHC depende en gran medida de la planificación energética nacional y la implementación de marcos regulatorios para cada país respectivo.

Las directivas de energía de la UE forman un marco legal para promover el desarrollo de DHC en los países de la UE (La directiva para la evaluación ambiental estratégica, la Directiva de eficiencia energética (EED), la Directiva de energías renovables, la Directiva de edificios, etc).

La urbanización en curso y las ambiciones europeas para el sector energético colocan a la energía de distrito (DHC) en un papel fundamental en la sociedad del futuro. Aquí, la cooperación entre los sectores público y privado es vital para una implementación exitosa.

## Lecciones aprendidas para desarrollo de redes de distrito

Tras la revisión del estado actual de las redes de distrito en Europa, se ha llegado a la conclusión de que la DH solo está completamente desarrollada en los países de la UE que han considerado la planificación energética como una parte natural de la planificación de la infraestructura urbana (siendo Dinamarca el gran ejemplo). En resumen, se encontrarían los siguientes aspectos a tener en cuenta:

- Comunidades en las que los gobiernos locales han establecido servicios públicos con el objetivo de suministrar servicios a los edificios;
- Comunidades en las que ha existido una tradición de participación del consumidor. Estas comunidades de energía o cooperativas han jugado un papel importante en el desarrollo

de DH, así como otros servicios, como el suministro de agua, en beneficio de los consumidores;

- Los países que han formado una política energética nacional con objetivos de eficiencia energética y bajas emisiones de carbono, la DH ha sido uno de los instrumentos importantes;
- En antiguas economías de planificación centralizada, en las que el gobierno central ha hecho cumplir la planificación urbana en todas las comunidades para minimizar los costes totales, se ha desarrollado DH.

Otros ejemplos que destacar (aparte de Dinamarca) serían Suecia y Finlandia, donde los servicios públicos se han encargado de desarrollar la DH sin competencia del gas natural. Dinamarca, Suecia y Finlandia son países donde los conceptos de DHC en toda la ciudad han demostrado ser viables tanto a nivel privado como socioeconómico en entornos muy diferentes. Desarrollar modelos de negocio adecuados es el desafío clave, teniendo en cuenta la legislación nacional, los recursos locales y la infraestructura existente.

Algunas de las lecciones aprendidas y las mejoras necesarias que se han encontrado durante el estudio realizado en el primer año de ejecución del proyecto son:

- Las ciudades asumen la responsabilidad

La observación general es que las redes de distrito tienen una participación de mercado significativa en los países en los que las ciudades han establecido un servicio público responsable para calefacción, electricidad, residuos y el gas. Estas empresas suministradoras pueden optimizar la zonificación de las redes y la integración de estos sectores. Muchas ciudades operan estos sistemas en nombre de los consumidores, mientras que otras ciudades pueden realizar subsidios cruzados y utilizar los ingresos de la calefacción para pagar el tráfico, etc.

- Los consumidores asumen la responsabilidad

Algunos países tienen una tradición de comunidades energéticas locales en las que los consumidores forman cooperativas para establecer y operar activos de interés común, p.ej. sistemas de distribución de energía y sistemas de distribución de DHC. Este tipo de propiedad es especialmente importante en Dinamarca. Es una larga tradición que está incrustada en la Ley de Suministro de Calor, que, por ejemplo, requiere que todo beneficio de DH sea en beneficio de los consumidores. Las empresas de propiedad municipal pueden ser administradas como si fuera una empresa propiedad de los consumidores, ya que el criterio de rentabilidad para la gestión es maximizar las ganancias para los consumidores mediante la reducción del precio de la calefacción.

- Solo intereses comerciales

Al comparar los estados miembros, también es notable que la DH solo juega un papel importante en países en los que el estado, los municipios o los consumidores han asumido la responsabilidad de desarrollar la infraestructura de calefacción urbana y, por lo tanto, han reforzado la competencia entre todas las empresas de suministro e instituciones financieras para beneficio de los consumidores. De esta forma, ha sido posible financiar la infraestructura e incluso a un tipo de interés bajo, similar al financiamiento de la infraestructura de tráfico o de la edificación.

En los países en los que esto se ha dejado en manos de empresas privadas, que aspiran a un período de amortización corto, hay poco desarrollo de DH.

En algunos países, las ciudades han desarrollado DH y algunas de estas ciudades han vendido o alquilado los activos de producción o la producción y la distribución a empresas privadas. Esta privatización ha reducido hasta cierto punto la participación de mercado de DH en comparación con el potencial óptimo en las empresas de propiedad municipal o de consumidores.

Se puede encontrar más información acerca del proyecto y sus avances en: [www.wedistrict.eu](http://www.wedistrict.eu)



*Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención N ° 857801.*

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] WEDISTRICT\_WP2\_D2.2 KPIs definition, IREC, 31 de marzo de 2020
- [2] WEDISTRICT\_WP2\_D2.3 District Heating and Cooling stock at EU level, RAMBOLL, 16 de octubre de 2020
- [3] WEDISTRICT\_WP2\_D8.1 Market&PESTLE Analysis, R2M, 30 de septiembre de 2020