

## Nueva red de distrito frío y calor 100% renovable. Descarbonización de edificios en el Campus Universitario de Rabanales de la Universidad de Córdoba

María Jesús Romero-Lara<sup>1\*</sup>, Francisco Comino<sup>2</sup>, Rafael Hidalgo-Moreno<sup>1</sup>, Claudia Sanroman<sup>3</sup>, Miguel Herrador<sup>4</sup>, Jon Martínez<sup>3</sup> y Manuel Ruiz de Adana<sup>1</sup>

1: Departamento de Química-Física y Termodinámica Aplicada, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Antigua Carretera Nacional IV, km 396 14014 Córdoba, España

e-mail: p42rolam@uco.es (primer autor) | e-mail: manuel.ruiz@uco.es (autor presentador)

2: Departamento de Mecánica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Antigua Carretera Nacional IV, km 396 14014 Córdoba, España

3: ACCIONA, Ingeniería especializada obra civil e industrial, S.A., C/Anabel Segura 11, 28108 Alcobendas, Madrid, España

4: Aalborg CSP, Empresa especializada en soluciones basadas en tecnología solar concentrada (CSP), Hjulmagervej 55, 9000

**Resumen:** *En el marco del proyecto H2020 Wedistrict (UE) se ha desarrollado una instalación demostrativa de red de distrito frío y calor 100% renovable en el Campus Universitario de Rabanales de la Universidad de Córdoba. La instalación demostrativa cubrirá la demanda de calefacción y refrigeración de los edificios Da Vinci I, II y III y la demanda de calefacción del Estadio Deportivo Monte Cronos. Se pretende descarbonizar el consumo energético de climatización de un conjunto de edificios mediante soluciones innovadoras de calefacción y refrigeración renovables. En la instalación se integran tres tecnologías solares diferentes, dos calderas de biomasa, una enfriadora de absorción y una unidad de enfriamiento de aire renovable (RACU) además de una Plataforma de Digitalización Avanzada. Esta instalación puede operar con seis modos básicos en frío y otros seis modos básicos en calor, combinando distintas tecnologías para cubrir la demanda energética de los edificios. La instalación permitirá identificar la combinación de tecnologías renovables más ventajosa en redes de distrito frío y calor desde el punto de vista energético, económico, social y medioambiental.*

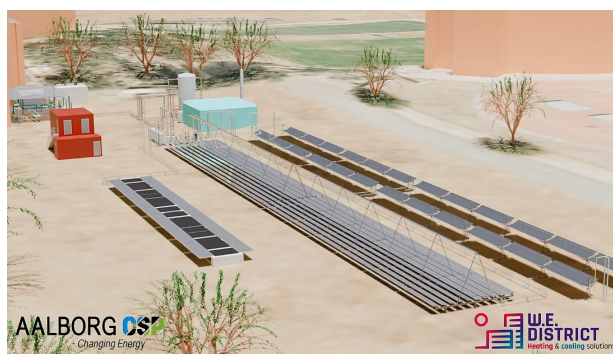


Figura 1. Modelo 3D de principales tecnologías en la nueva red de distrito 100% renovable en UCO.

**Palabras clave:** redes de distrito de frío y calor; eficiencia energética, energías renovables.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector de los edificios representa el mayor consumo de energía en la Unión Europea (UE-27), donde los edificios residenciales representan el 26% y los edificios comerciales el 14% del consumo de energía final de la UE-27 [1]. La calefacción de espacios representó el 64% del consumo de energía en el sector residencial, con una proporción de energías renovables del 27% de la demanda de calefacción de espacios [2]. Dado el actual escenario de cambio climático, el progresivo aumento de la temperatura exterior mundial conduce a una creciente demanda de refrigeración de edificios. Alcanzar los objetivos europeos de neutralidad climática hasta 2050, establecidos en el Pacto Verde Europeo [3], requiere cambios significativos en las estructuras actuales de oferta y demanda de frío y calor de los edificios. El Primer Principio de Eficiencia Energética (E1st) debería ayudar a los gobiernos y autoridades locales a lograr estos objetivos en una combinación óptima de costos de recursos y medidas del lado de la demanda y la oferta. El primer principio, tal como se define en el Reglamento de Gobernanza 2018/1999 [4], requiere que se incluyan medidas alternativas de eficiencia energética rentables, tanto para la demanda como para la oferta, tanto en las actividades de planificación energética como en las decisiones políticas y de inversión.

Las redes urbanas de calefacción y refrigeración (DHC), y en particular las DHC de cuarta generación (4GDH), son ampliamente reconocidas como un elemento importante en el futuro sistema energético inteligente y sostenible [5-7]. La 4GDHC como concepto de redes térmicas inteligentes contribuye al desarrollo del sistema energético sostenible integrando grandes porcentajes de generación de electricidad renovable. Las redes 4GDHC se caracterizan por temperaturas de suministro más bajas, demandas de energía y densidades de calor bajas, y una interacción óptima entre las fuentes de energía, las redes de distribución y los consumidores de calor [8]. Este futuro sistema es capaz de equilibrar las fuentes de energía renovables (RES) fluctuantes, la generación de electricidad con soluciones de conversión de energía a calor e integrar grandes volúmenes del exceso de calor industrial disponible [9-11].

Por otro lado, las tendencias y previsiones futuras de las demandas de calefacción y refrigeración están influenciadas en gran medida por la Directiva sobre eficiencia energética de los edificios (EPBD) 2010/31/UE [12] y se consideran en su mayoría de forma exógena en el análisis coste-beneficio de la Suministro eficiente de calefacción y refrigeración. Según el artículo 2a de la EPBD 2018/844/UE revisada [13], cada Estado miembro debe establecer una estrategia de renovación a largo plazo (LTRS) para apoyar la renovación del parque nacional de edificios residenciales y no residenciales. Algunos de los requisitos de la LTRS son proporcionar una visión general del parque de edificios nacional, la identificación de enfoques rentables para la renovación y políticas y acciones para estimular una renovación profunda rentable.

En el marco del proyecto H2020 Wedistrict (UE) [14] se proyecta una instalación demostrativa de DHC 100% renovable en el Campus de Rabanales de la Universidad de Córdoba. Este artículo describe las características principales y los modos de operación de esta nueva instalación DHC.

## 2. TECNOLOGÍAS RENOVABLES Y DISEÑO CONCEPTUAL

La instalación demostrativa de DHC renovable cubrirá la demanda de calefacción y refrigeración de los edificios Da Vinci I, II y III y la demanda de calefacción del Estadio Deportivo Monte Cronos en el Campus de Rabanales de la Universidad de Córdoba. En esta instalación se integrarán seis nuevas tecnologías, ver Tabla 1, como una combinación de tres tecnologías solares diferentes, dos calderas de biomasa, una enfriadora de absorción y una unidad de enfriamiento de aire renovable (RACU). Una Plataforma de Digitalización Avanzada (ADP) controlará esta red DHC. La tecnología RACU consta de una combinación de rueda desecante y enfriador evaporativo indirecto. La tecnología Wessun utiliza un concentrador de seguimiento para captadores solares térmicos de inclinación fija. En esta instalación de DHC renovable se espera una potencia térmica de 1,5 MW<sub>t</sub> en generación de calor y 0,47 MW<sub>t</sub> en generación de refrigeración utilizando las tecnologías descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Tecnologías renovables utilizadas en la instalación demostrativa de DHC en la Universidad de Córdoba.

Tecnología	Potencia térmica [kW <sub>t</sub> ]	Otras características
Colectores solares cilindro-parabólicos (PTM)	184	Área neta: 328 m <sup>2</sup>
Colectores solares lineales Fresnel	240	Área neta: 445 m <sup>2</sup>
Colectores solares Wessun	85	Área neta: 137 m <sup>2</sup>
Calderas de biomasa con filtros baja emisión	995	Astillas de madera
Enfriadora de absorción	413	COP: 0,75
RACU	18	COP: 6,0
Plataforma de Digitalización Avanzada	Control y monitorización de red DHC	

El diseño conceptual de esta instalación de DHC renovable se muestra en la Figura 2. La producción de energía renovable es un bloque compuesto por tres tecnologías solares y dos calderas de biomasa. Se utiliza un tanque de almacenamiento térmico sensible de 50 m<sup>3</sup> para equilibrar la producción y la demanda energéticas de la instalación. Además, para las calderas de biomasa se utilizan dos depósitos de almacenamiento térmico sensible de 5 m<sup>3</sup> cada uno. Se utiliza un colector general para distribuir eficazmente la producción de energía y la demanda de energía a la red DHC, así como la demanda de energía de la enfriadora de absorción para la red de refrigeración. La red DHC conecta el colector general de la planta técnica con las subestaciones ubicadas en los Edificios Da Vinci y el Estadio Monte Cronos. La red DHC está formada por tuberías enterradas aisladas con temperaturas de funcionamiento de 95°C/70°C. La subestación térmica del Edificio Da Vinci está conectada a los colectores de bomba de calor existentes que distribuyen agua fría y caliente dentro del edificio. La subestación térmica del Estadio Monte Cronos está conectada al colector de caldera de gasoil existente que distribuyen agua caliente sanitaria (ACS) dentro de los vestuarios.

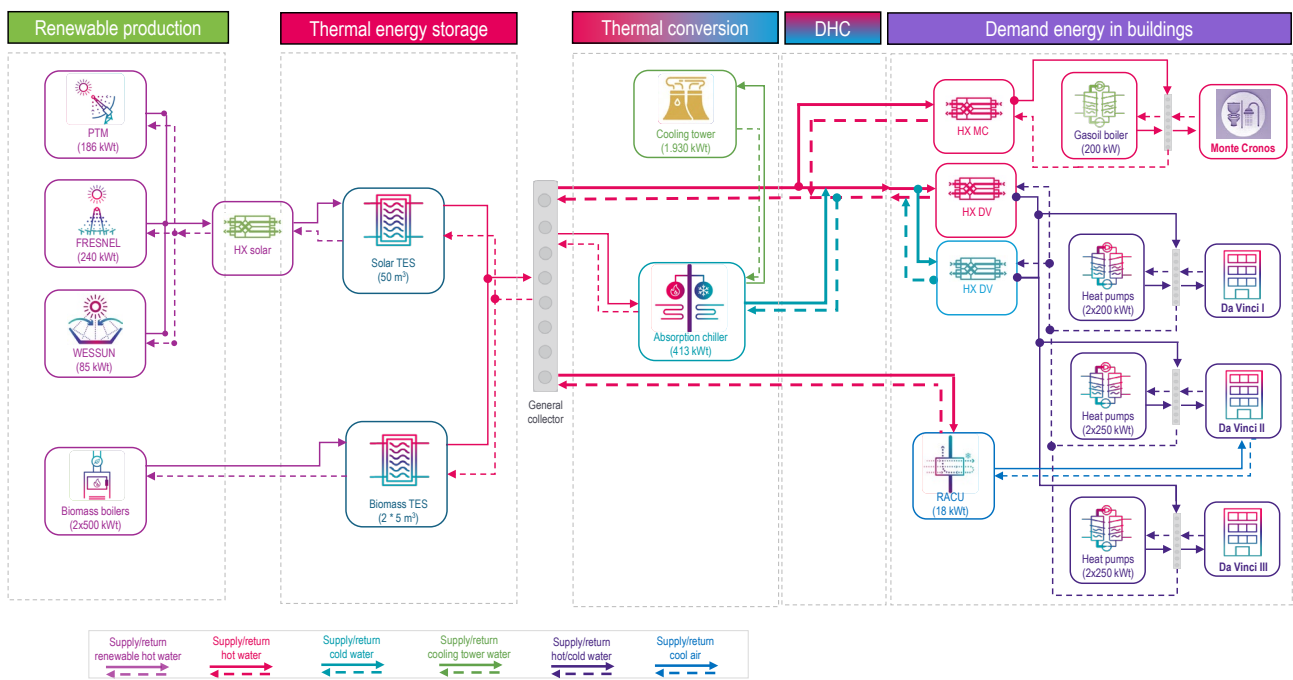


Figura 2. Instalación conceptual de DHC renovable en la Universidad de Córdoba.

Como parte del proyecto WEDISTRICKT, se desarrollará e integrará una Plataforma de Digitalización Avanzada. Esta plataforma tendrá la capacidad de agregar, monitorizar y controlar las operaciones de esta red DHC para proporcionar calefacción y refrigeración a la Universidad de Córdoba, alimentada exclusivamente con fuentes de energía 100% renovables. El diseño de la plataforma garantizará interoperabilidad, alta disponibilidad y escalabilidad. Además, se establecerá un enlace entre la ADP de WEDISTRICKT y el sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) de la nueva red DHC de la Universidad de Córdoba.

### 3. MODOS DE OPERACIÓN BÁSICOS

En esta nueva red DHC de la Universidad de Córdoba se implementarán seis modos básicos de funcionamiento

en modo calor y seis modos de funcionamiento en modo frío, tal y como se puede observar en la Figura 3 y Figura 4, respectivamente. La selección de un modo de funcionamiento u otro se realizará en función de la previsión meteorológica y los recursos de biomasa para conseguir unos costes operativos óptimos en cada período de tiempo.

Los modos de calor (MH) básicos de operación son:

- MH0. No se opera la nueva red DHC. En este modo funcionan los sistemas tradicionales de bomba de calor en modo calor y caldera de gasoil existentes antes de Wedistrict.
- MH1. Las tres tecnologías solares se activan para generar energía térmica y cargar el tanque de almacenamiento térmico. Si hay disponibilidad solar, se activarán indistintamente los circuitos hidráulicos de los tres colectores solares, PTM, Fresnel y Wessun. La producción térmica se realiza combinando las tres tecnologías solares.
- MH2. En esta modalidad la descarga del tanque de almacenamiento de energía térmica se aprovechará para cubrir la demanda energética de los edificios en caso de que exista acumulación térmica. Se activará el circuito hidráulico desde este depósito hasta el colector general de la red DHC y desde dicho colector se transportará mediante la red de distrito hasta las subestaciones de los edificios para cubrir la demanda térmica existente.
- MH3. Basado únicamente en el funcionamiento de calderas de biomasa. Se activará una o dos calderas de biomasa si hay demanda de calor, no hay disponibilidad solar o no hay acumulación térmica suficiente para cubrir la demanda energética.
- MH4. Basado en la combinación de producción térmica a partir de tecnologías solares y calderas de biomasa. Se determinará qué tecnologías solares tienen prioridad en este modo de funcionamiento. También se ajustará el porcentaje de carga de las calderas de biomasa para este modo en función de la demanda térmica de los edificios.
- MH5. Basado en la combinación de producción térmica a partir de tecnologías solares y calderas de biomasa de la nueva red DHC, así como las bombas de calor en modo calor y la caldera de gasoil existentes.

Modo calor	Tecnologías solares	Almacenamiento energía térmico	Calderas biomasa	Enfriadora absorción	RACU	DHC (DV)	DH (MC)	Bombas de calor (DV)	Caldera gasoil (MC)
MH0. No red DHC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MH1. Almacenamiento térmico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MH2. Descarga almac. térmico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MH3. Solo calderas biomasa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MH4. Solar y calderas biomasa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MH5. Solar y calderas biomasa + bombas calor + caldera gasoil	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3. Modos operación calor para red DHC renovable en la Universidad de Córdoba.

Los modos de frío (MC) básicos de operación son:

- MC0. No se opera la nueva red DHC. En este modo funcionan los sistemas tradicionales de bomba de calor en modo frío y caldera de gasoil existentes antes de Wedistrict.
- MC1. Similar al modo MH1, que incluye el funcionamiento de la enfriadora de absorción y RACU para cubrir la demanda de refrigeración del edificio Da Vinci. Se mantiene la red de calor hacia el edificio Monte Cronos.
- MC2. Similar al modo MH2, que incluye el funcionamiento de la enfriadora de absorción y RACU para cubrir la demanda de refrigeración del edificio Da Vinci. Se mantiene la red de calor hacia el edificio Monte Cronos.
- MC3. Similar al modo MH3, que incluye el funcionamiento de la enfriadora de absorción y RACU para cubrir la demanda de refrigeración del edificio Da Vinci. Se mantiene la red de calor hacia el edificio Monte Cronos.

- MC4. Similar al modo MH4, que incluye el funcionamiento de la enfriadora de absorción y RACU para cubrir la demanda de refrigeración del edificio Da Vinci. Se mantiene la red de calor hacia el edificio Monte Cronos.
- MC5. Similar al modo MH5, que incluye el funcionamiento de la enfriadora de absorción y RACU para cubrir la demanda de refrigeración del edificio Da Vinci.

Modo frío	Tecnologías solares	Almacenamiento energía térmico	Calderas biomasa	Enfriadora absorción	RACU	DHC (DV)	DH (MC)	Bombas de calor (DV)	Caldera gasoil (MC)
MC0. No red DHC									
MC1. Almacenamiento térmico									
MC2. Descarga almac. térmico									
MC3. Solo calderas biomasa									
MC4. Solar y calderas biomasa									
MC5. Solar y calderas biomasa + bombas calor + caldera gasoil									

Figura 4. Modos operación frío para red DHC renovable en la Universidad de Córdoba.

#### 4. INDICADORES DE RENDIMIENTO CLAVE

En cada uno de los modos de operación descritos anteriormente, se evaluarán en esta DHC varios indicadores clave de rendimiento (KPI) en los apartados de energía, social, económico y medioambiental. La Directiva sobre Eficiencia Energética de Edificios (EPBD) [13] define el Ratio de Energía Renovable, RER, para edificios en la norma ISO 52000 [15]. El RER establece la relación entre la energía primaria renovable y la energía primaria total. La Tabla 2 recoge la estimación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y el RER en los modos de operación MH4 y MC4 de la red de distrito.

Tabla 2. Estimación de la reducción de emisiones y ratio de energía primaria renovable en los modos de operación MH4 y MC4 de la red DHC en UCO.

	Modo calor			Modo frío		
	Antes Wedistrict	Después Wedistrict	Variación	Antes Wedistrict	Después Wedistrict	Variación
Emisiones [kg CO <sub>2</sub> /año]	471,36	13,01	-97,2%	390,16	30,60	-92,2%
RER [%]	0,65%	98,6%	97,9%	17,48%	92,17%	74,7%

#### 5. CONCLUSIONES

La nueva Red Urbana de Calefacción y Refrigeración Renovables se ha diseñado para cubrir la demanda de calefacción y refrigeración de distintos edificios del Campus de Rabanales de la Universidad de Córdoba de forma renovable dentro del proyecto WEDISTRIC. La instalación experimental combina tres tecnologías solares diferentes, dos calderas de biomasa, una enfriadora de absorción y una unidad de enfriamiento de aire renovable. Una Plataforma de Digitalización Avanzada controlará y monitorizará esta nueva red DHC. En base a esto se puede concluir que:

- Esta instalación pretende avanzar en el desarrollo de soluciones innovadoras de calefacción y refrigeración 100% renovables que permitan descarbonizar un conjunto de edificios.
- Este “living lab” de DHC en la Universidad de Córdoba integrará distintas tecnologías renovables, y permitirá analizar, en sus distintos modos de operación, la combinación de tecnologías renovables más ventajosa en redes de DHC desde el punto de vista energético, económico, social y medioambiental.

- La instalación se ha diseñado para alcanzar reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> superiores al 92% y aumentar la relación de energía primaria renovable más del 74%.

Esta instalación demostrativa en Córdoba (España) podría añadir resultados complementarios a los obtenidos en otras instalaciones de demostración de DHC ya realizadas dentro del proyecto Wedistrict en Bucarest (Rumanía) y Lulea (Suecia).

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido por el programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, a través del proyecto de investigación WEDISTRICK Smart and local reneWable Energy DISTRICT Heating and Cooling Solutions for Sustainable Living, referencia H2020-WIDESPREAD2018-03-857801.

## REFERENCIAS

- [1] Eurostat Energy statistics - an overview - statistics explained (2020) [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_statistics\\_-\\_an\\_overview#Final\\_energy\\_consumption](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Final_energy_consumption), acceso 6 junio 2024.
- [2] Eurostat Energy consumption in households - statistics explained (2020) [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_consumption\\_in\\_households](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_consumption_in_households), acceso 6 junio 2024.
- [3] European Commission. The European green deal Eur Community, 53 (9) (2019), p. 24, 10.1017/CBO9781107415324.004
- [4] European Parliament Regulation (EU) 2018/1999 of the European parliament and of the council of 11 december 2018 Off J Eur Union, 328 (1) (2018), pp. 1-77.
- [5] Lake, A., et al., Review of district heating and cooling systems for a sustainable future. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. 67: PP. 417-425.
- [6] Lund, H., et al., The role of district heating in future renewable energy systems. Energy, 2010. 35(3): PP. 1381-1390.
- [7] Münster, M., et al., The role of district heating in the future Danish energy system. Energy, 2012. 48(1): PP. 47-55.
- [8] Eric, J., et al., Progression of District Heating-1st to 4th generation (2018) [Online]. Available: [www.4dh.dk](http://www.4dh.dk), Accessed 17th Jun 2023.
- [9] Fleiter, T., et al. Excess heat potentials of industrial sites in Europe. Documentation of excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials, 2020.
- [10] Bühler, F., et al., Industrial excess heat for district heating in Denmark. Applied Energy, 2017. 205: PP. 991-1001.
- [11] Persson, U., et al., Heat Roadmap Europe: identifying strategic heat synergy regions. Energy Policy, 2014. 74: PP. 663-681.
- [12] European Parliament Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings Off. J. Eur. Union (2010).
- [13] European Parliament Directive 2018/844/EU Off. J. Eur. Union (2018).
- [14] Wedistrict project. European Union's Horizon 2020 research and innovation programme. Grant agreement N°85780 <https://www.wedistrict.eu/>
- [15] ISO 52000. Energy performance of buildings- Overarching EPB assessment.