

Módulo 6 – REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN URBANA

SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre
comunidades energéticas

Erasmus+ KA220-HED: Asociaciones de cooperación en la
educación superior

Institución responsable: BME

Autor: Dr. Balázs Bokor

Fecha: marzo de 2026

Versión 1.0



SHaKE

Sharing Knowledge on Energy Communities



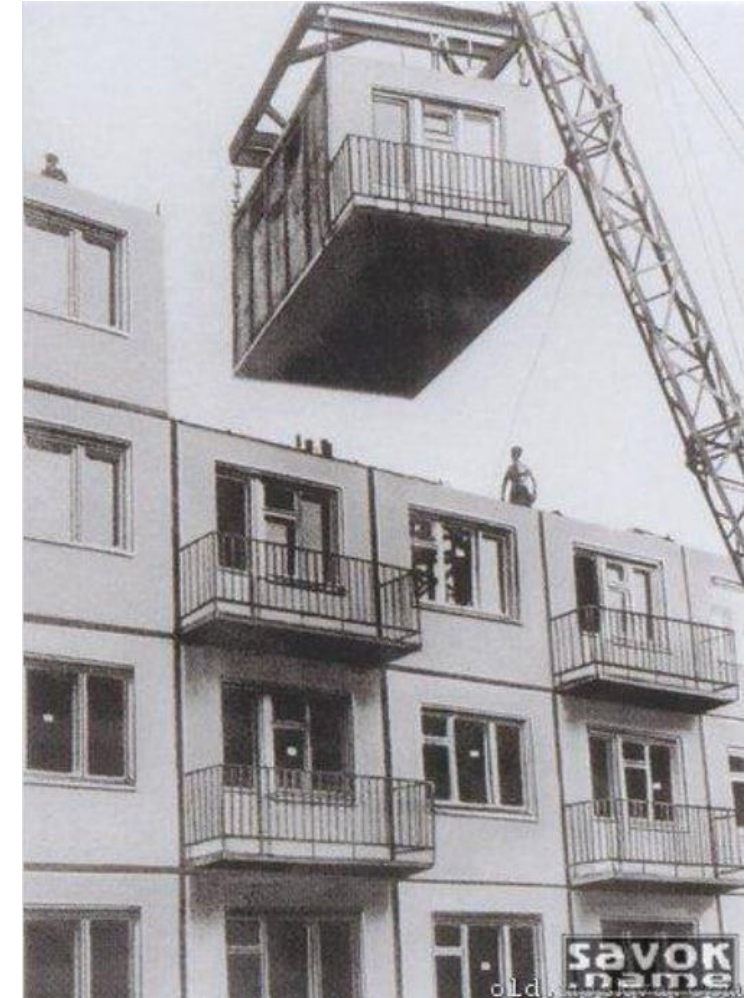
EL PAPEL DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN URBANA

- La calefacción urbana está concebida como un concepto energético urbano.
- Minimiza las emisiones en las zonas densamente pobladas de las ciudades.
- Permite un control más eficiente del sistema gracias a su gran escala.
- En algunos países se ha utilizado para el suministro de calefacción en urbanizaciones.
- Control y mantenimiento más eficientes del sistema
- Facilita la integración de energías renovables, como la geotérmica, que resultaría difícil a escala individual



CONTEXTO HISTÓRICO EN EUROPA DEL ESTE

- En una época en la que la energía era muy barata se instalaron diversos sistemas.
- La eficiencia no desempeñaba un papel significativo en el proceso de diseño.
- Los sistemas de baja eficiencia llevan décadas en uso.
- En muchos casos es necesaria una renovación. Se requiere un diseño consciente, ya que rara vez se llevan a cabo renovaciones a gran escala.
- Hungría: La calefacción monotubo era obligatoria en las viviendas construidas con tecnologías de aislamiento.



Características:

- **Temperaturas de impulsión:** Normalmente entre 100 y 130 °C
- **Temperaturas de retorno:** entre 60 y 70 °C aproximadamente
- **Fuentes de energía:** Principalmente combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo), centrales de cogeneración a gran escala y incineración de residuos
- **Redes de tuberías:** de gran diámetro y con un aislamiento muy grueso
- **Diseñadas para:** Edificios con elevadas necesidades de calefacción y baja eficiencia de la envolvente

ANTECEDENTES: SISTEMAS DE ALTA TEMPERATURA

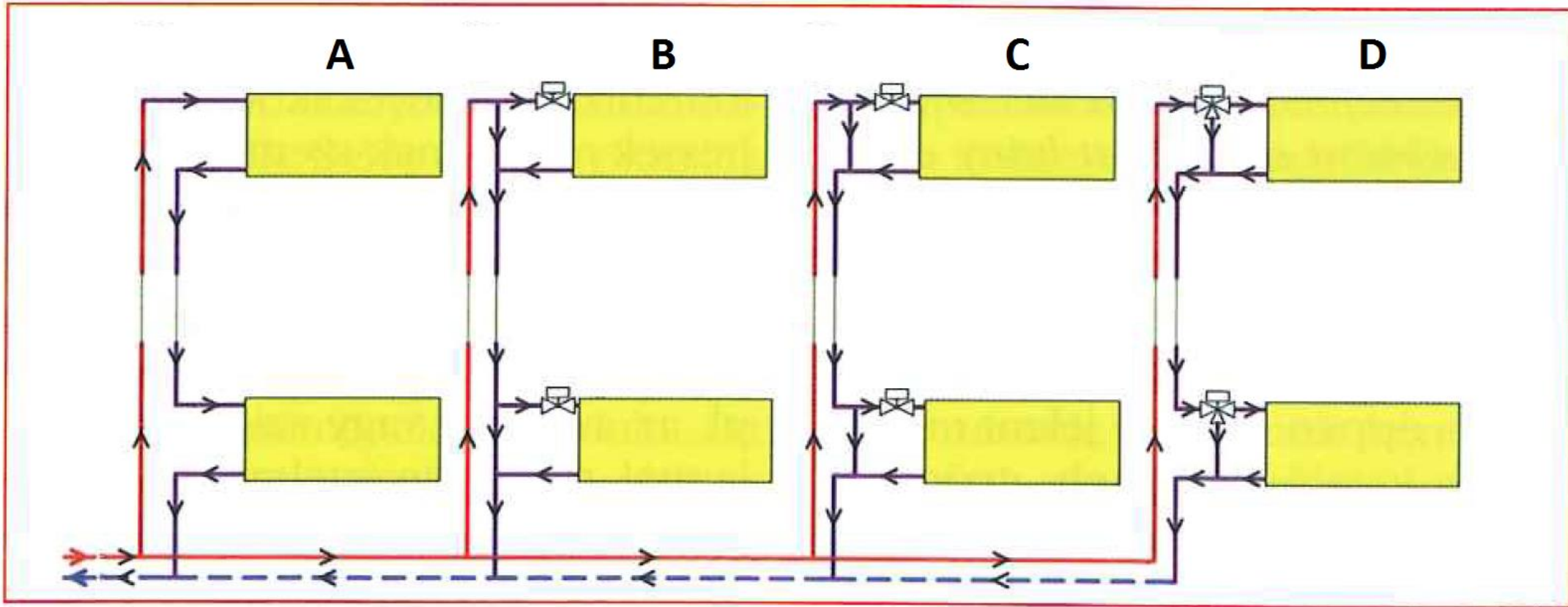
Retos:

- **Elevadas pérdidas de calor** en la distribución (especialmente en infraestructuras antiguas)
- **Integración limitada** de fuentes de calor de baja exergía (por ejemplo, energía solar térmica, geotérmica, bombas de calor)
- **Elevados costes de mantenimiento** y requisitos de gestión de la presión
- **Inadecuación para los edificios modernos de bajo consumo energético**

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS SISTEMAS DE TELECALEFACCIÓN SECUNDARIOS

- Estrategias para mejorar los sistemas de calefacción a nivel de edificio.
- Aislamiento térmico de los edificios
- Reducción de las temperaturas de suministro en los sistemas de calefacción secundarios.
- Aplicación de tarifas incentivadoras para fomentar la eficiencia.
- Repercusión en el rendimiento global de la red de calefacción urbana.

REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE TUBO ÚNICO



A. Calefacción de un solo tubo con circulación continua

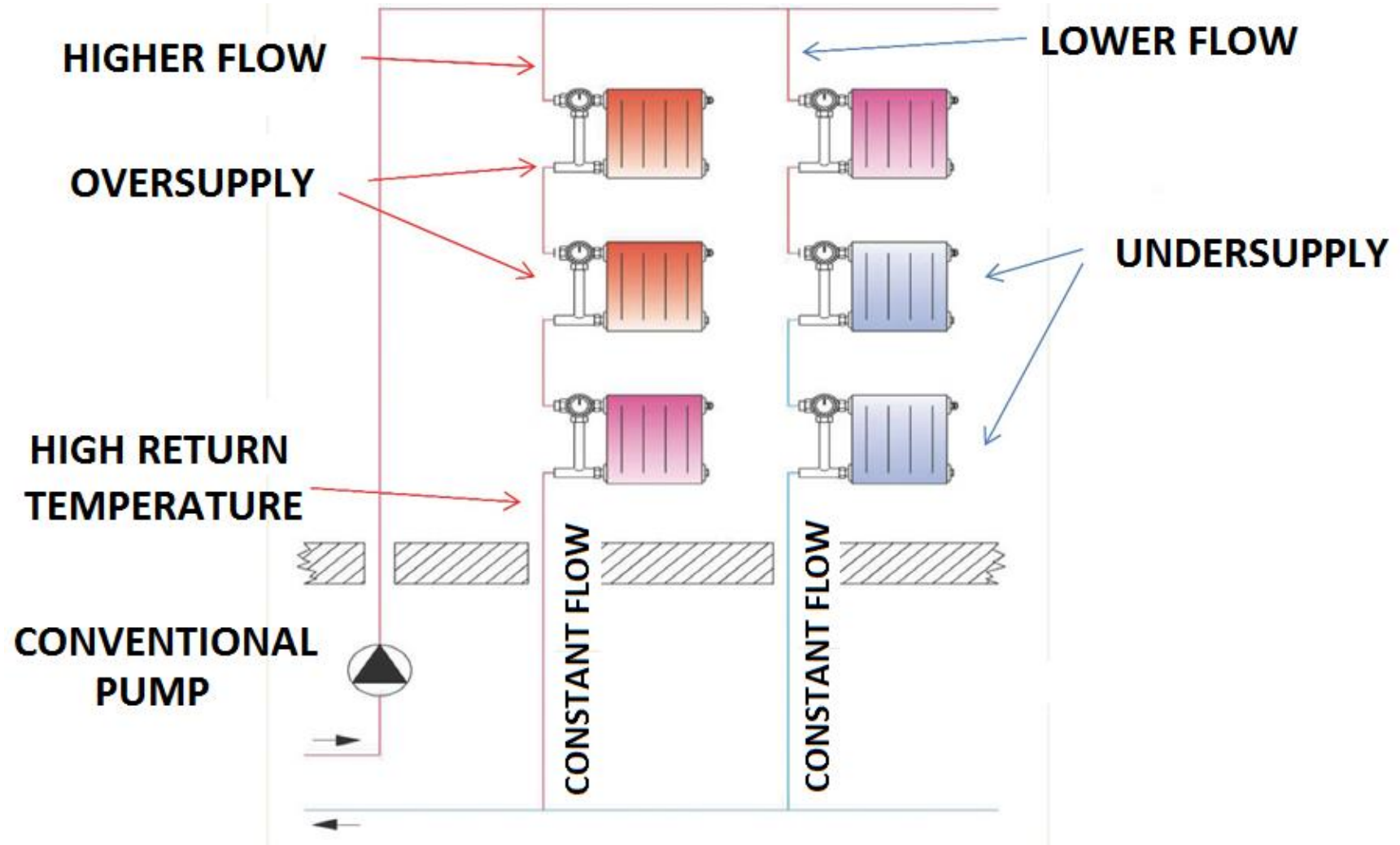
B. Radiador de un solo tubo con derivación

C. Sistema monotubo con derivación desplazada y válvula unidireccional

D. Sistema monotubo con derivación desplazada y válvula de tres vías

REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE TUBO ÚNICO

- Equilibrado hidráulico de las ramificaciones de calefacción
- Los circuitos más cercanos a la bomba de circulación reciben un mayor caudal másico.
- Mayor rendimiento térmico en los circuitos con mayor caudal.
- Uso adecuado de las bombas de frecuencia variable.



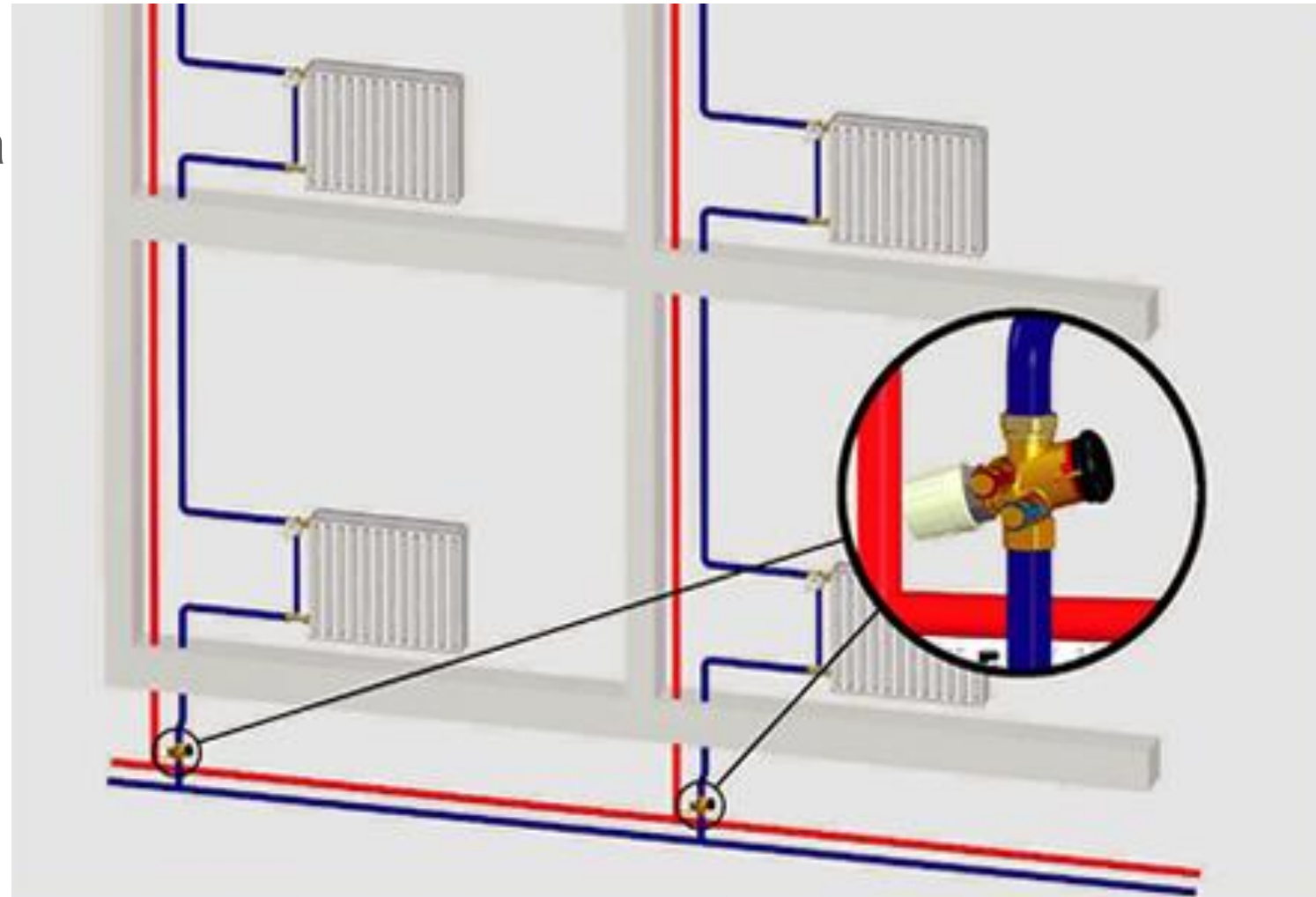
REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE TUBO ÚNICO

La solución consiste en utilizar válvulas de equilibrado para cada ramal.

Las válvulas de equilibrado compensan las diferencias de presión.

Posibilidad de medir la diferencia de presión en cada válvula.

Se puede definir el caudal adecuado para cada ramal.



REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRALIZADA EN COMPLEJOS RESIDENCIALES

SUBESTACIONES COMPACTAS Y MODULARES

- En los sistemas de calefacción urbana de segunda generación, las subestaciones se instalaban in situ.
- En la tercera generación de calefacción urbana se utilizan componentes prefabricados, también para las subestaciones.
- Las subestaciones están disponibles en distintos niveles de rendimiento, prefabricadas y equipadas con todos los elementos necesarios, tales como:
 - Intercambiadores de calor de placas planas
 - Bombas de frecuencia variable
 - Válvulas de regulación de rendimiento
 - Depósitos de expansión.



REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS EN COMPLEJOS RESIDENCIALES



SUBESTACIONES DE VIVIENDAS

- Regulación de la calefacción y producción de agua caliente sanitaria por vivienda.
- La subestación se puede instalar en un hueco en la pared (150 mm).
- Medición del consumo de calefacción y agua por vivienda.
- Control de presión diferencial en cada subestación.
- La temperatura del agua caliente sanitaria se puede ajustar por vivienda.
- La temporada de calefacción se puede iniciar y detener de forma individual.
- No se requiere circuito de circulación de agua caliente sanitaria.
- Bajo riesgo de contaminación por legionela debido a la ausencia de almacenamiento de agua caliente sanitaria.



TRANSICIÓN AL SISTEMA DE CALEFACCIÓN URBANA DE BAJA TEMPERATURA (LTDH)

Características:

- **Temperaturas de impulsión:** 35–70 °C (en ocasiones, tan bajas como 30 °C)
- **Temperaturas de retorno:** 20–40 °C
- **Fuentes de energía:** se da prioridad a las fuentes de baja exergía y renovables (por ejemplo, calor ambiental, calor residual industrial, energía solar, geotérmica y bombas de calor)
- **Apoya:** Edificios energéticamente eficientes y parque inmobiliario rehabilitado

Principios de diseño:

- **Niveles de temperatura reducidos** para minimizar las pérdidas térmicas
- **Diámetros de tubería más pequeños** y tramos de red descentralizados
- **Eficiencia en el lado de la demanda** (por ejemplo, mejor aislamiento, radiadores eficientes)
- **Controles y monitorización inteligentes** para ajustar el suministro de calor

CONSIDERACIONES TÉCNICAS EN LA TRANSICIÓN

- **Modificaciones en el sistema de suministro**
- Reducción progresiva de las temperaturas en las redes existentes (zonas piloto, circuitos secundarios)
- Modernización de las fuentes de generación (por ejemplo, incorporación de bombas de calor compatibles con bajas temperaturas)
- Utilización de conceptos de calefacción urbana de **cuarta o quinta generación**



CONSIDERACIONES TÉCNICAS EN LA TRANSICIÓN

Adaptaciones a nivel de edificio

- Garantizar que los radiadores o los sistemas de calefacción por suelo radiante funcionen de manera eficiente a temperaturas de entrada más bajas
- Mejorar la envolvente térmica (ventanas, paredes, tejados)
- Instalar intercambiadores de calor en las subestaciones que funcionen bien con un ΔT más bajo
- Preparación de agua caliente sanitaria (ACS):
 - Requiere calentadores de refuerzo (por ejemplo, eléctricos o basados en bombas de calor)
 - Evitar el riesgo de legionela (utilizar estrategias de tratamiento en el punto de uso o de pasteurización)



CONSIDERACIONES TÉCNICAS EN LA TRANSICIÓN

Control y optimización

- Estrategias de control más precisas debido a márgenes de temperatura más reducidos
- Integración de la respuesta a la demanda en tiempo real
- Termostatos inteligentes y compensación meteorológica

Mantenimiento predictivo y monitorización de las redes de calefacción urbana

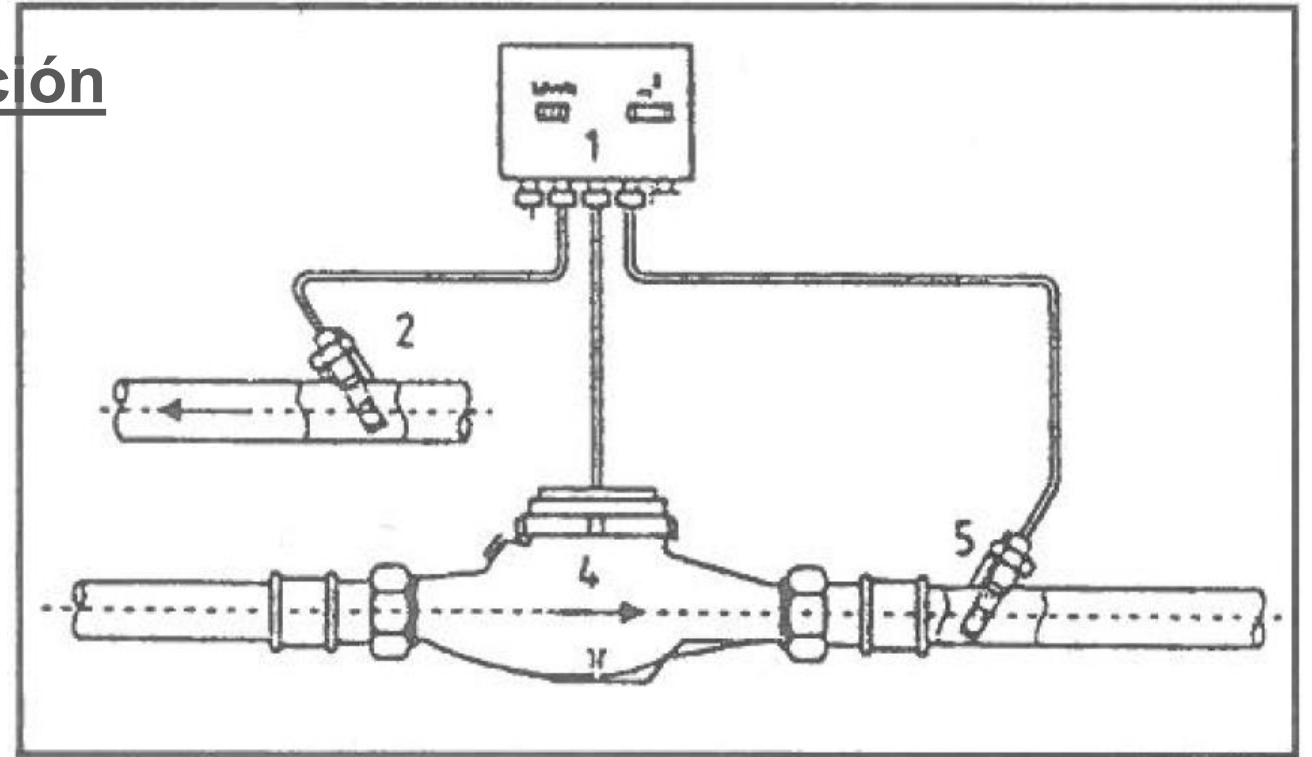
- Importancia del mantenimiento para la fiabilidad y la eficiencia del sistema.
- Aplicación de técnicas y tecnologías de mantenimiento predictivo.
- Análisis de datos e integración de sensores para la detección de averías.

INTEGRACIÓN DE CALDERAS ELÉCTRICAS EN LAS REDES DE CALEFACCIÓN CENTRALIZADAS

- Las calderas eléctricas se instalan para garantizar la estabilidad de frecuencia en las redes eléctricas, en las que la proporción de fuentes renovables es cada vez mayor.
- Los sistemas de calefacción urbana ofrecen una gran capacidad térmica, por lo que pueden absorber el calor suministrado de forma estocástica por las calderas.
- Se requiere una respuesta rápida por parte de los proveedores de calor suplementario.
- Ajuste en tiempo real en respuesta a los cambios en la frecuencia de la red por parte del operador de la red eléctrica.

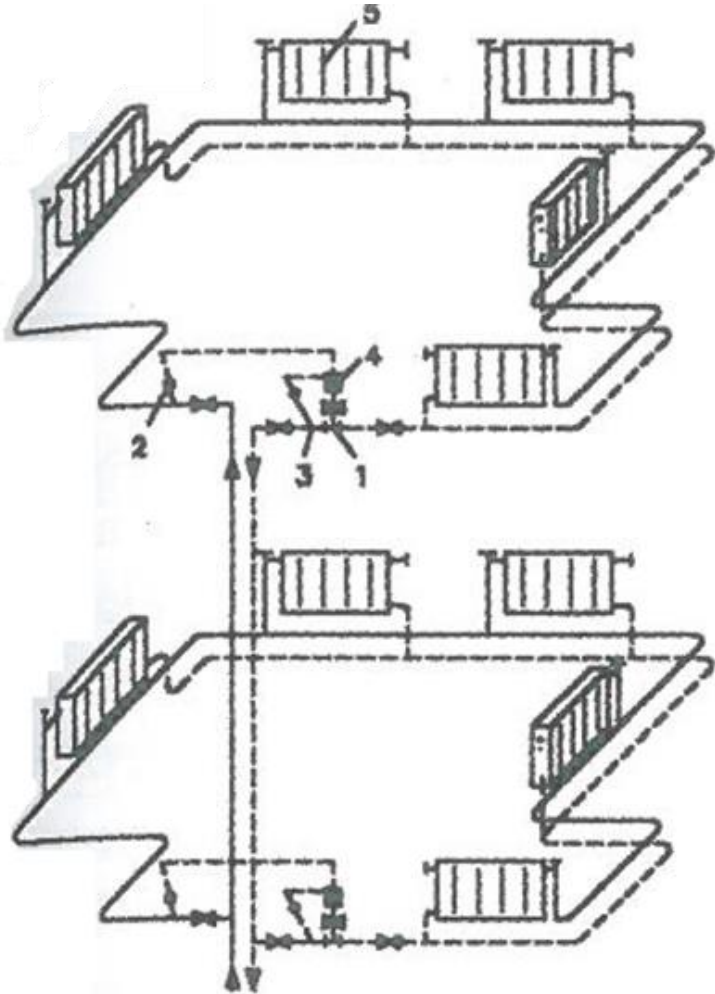
Contadores de consumo de calefacción

- Ordenador de procesamiento
- Termómetro de suministro
- Sensor de caudal
- Termómetro de retorno



- Medición centralizada del consumo de calefacción en edificios
- Reparto de los gastos de calefacción entre los consumidores

MEDICIÓN Y FACTURACIÓN DEL CONSUMO DE CALOR



Estructuración de las partes del edificio objeto de medición

- Edificio completo
 - Parte del edificio
 - Por vivienda (véase la figura)
 - Por punto de consumo
-
- Fácil de implementar en sistemas de doble tubería.
 - Imposible en sistemas de tubería única.

MODELOS DE NEGOCIO Y ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA CALEFACCIÓN URBANA

- Análisis de los modelos de negocio actuales y futuros de la calefacción urbana.
- Consideraciones económicas en la renovación y ampliación de los sistemas.
- Marcos normativos y regulatorios que influyen en la economía de la calefacción urbana.
- La calefacción urbana conlleva **grandes inversiones de capital (CAPEX)** en tuberías, centrales térmicas y subestaciones, pero **los costes operativos (OPEX) son** relativamente **bajos**, especialmente cuando se utiliza calor residual o energías renovables. Por lo tanto, son esenciales **una planificación a largo plazo y una financiación estable**.

MODELOS DE NEGOCIO HABITUALES PARA LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN DOMÉSTICA

1. Modelo de servicio público

- Propiedad y gestión a cargo de un **ayuntamiento o una autoridad pública**.
- Los beneficios se reinvierten en infraestructura o se utilizan para reducir las tarifas.
- Hace hincapié en **la asequibilidad, la seguridad energética y los objetivos climáticos**.
- Habitual en los países nórdicos (por ejemplo, Dinamarca y Suecia).

2. Modelo de empresa de servicios públicos privada

- Gestionado por **empresas privadas**, ya sea de forma independiente o mediante concesión.
- Se centra en **la rentabilidad y la eficiencia**.
- Se utiliza a menudo en **mercados energéticos liberalizados** (p. ej., el Reino Unido, algunas zonas de Europa del Este).
- Existe el riesgo de que **se invierta menos en la descarbonización**, a menos que se ofrezcan incentivos.

MODELOS DE NEGOCIO HABITUALES PARA LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN DOMÉSTICA

3. Colaboración público-privada (PPP)

- Propiedad y responsabilidades compartidas entre **el gobierno y las empresas privadas**.
- Permite alcanzar los objetivos públicos gracias a la inversión privada y a la eficiencia operativa.
- Requiere **un reparto claro de riesgos y contratos basados en el rendimiento**.

4. Modelo cooperativo

- Propiedad de **los usuarios finales o de las comunidades locales**.
- Los beneficios se reparten o se reinvierten.
- Fomenta **la participación y la aceptación locales**.
- Es habitual en **municipios pequeños y ecoaldeas**.

FACTORES ECONÓMICOS CLAVE EN DH

Gastos de capital (CAPEX)

- Infraestructura de red: 50-70 % del coste total
- Plantas de generación de calor (cogeneración, biomasa, energía solar): 20-30 %
- Subestaciones de clientes y contadores

Fuentes de ingresos

- Venta de calefacción a edificios
- Servicios auxiliares (p. ej., equilibrio de la red eléctrica)
- Subvenciones públicas o tarifas reguladas
- Créditos de carbono en los sistemas de comercio de derechos de emisión (ETS)

Gastos de explotación (OPEX)

- Coste de combustible o energía
- Mantenimiento y mano de obra
- Electricidad para el bombeo
- Administración

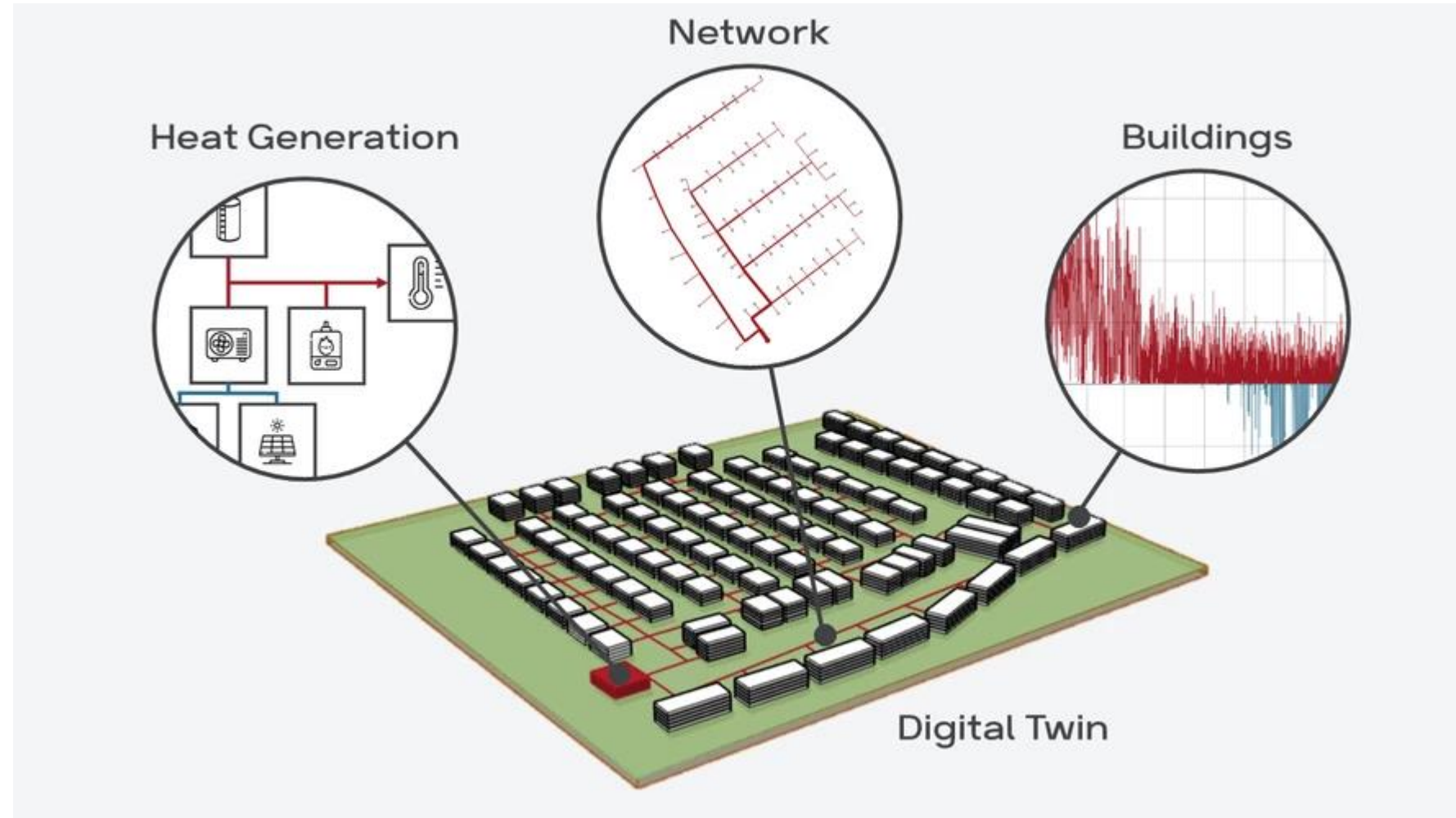
Calor Precios y tarifas

- Los modelos de fijación de precios varían, pero en general tienen como objetivo:
- **Recuperar los costes** (reflejo de los costes)
- **Fomentar la eficiencia energética**
- **Garantizar la asequibilidad**

- **Contratos basados en el rendimiento**
 - Se incentiva a los operadores para que mejoren la eficiencia energética, reduzcan las emisiones y mejoren la calidad del servicio.
- **Modelos de negocio basados en el servicio**
 - Calor como servicio: los clientes pagan por el confort (por ejemplo, la temperatura interior), no por unidades de energía.
 - Impulsa la innovación de los proveedores y la optimización del sistema.
- **Integración digital e inteligente de la calefacción urbana**
 - Permite la fijación dinámica de precios, la monitorización remota y la respuesta a la demanda.
 - Abre nuevas fuentes de ingresos a través de los servicios energéticos.

GEMELOS DIGITALES EN LA CALEFACCIÓN URBANA

Un gemelo digital es una réplica virtual dinámica y actualizada continuamente de sistemas del mundo real, como las redes de calefacción urbana.



CÓMO CREAR UN GEMELO DIGITAL

Modelo físico

Mapa digital de la red de calefacción

- Trazados, dimensiones y materiales de las tuberías
- Válvulas, bombas e intercambiadores de calor
- Ubicación de los consumidores y demanda de calor
- **Conexiones de datos**
- Sensores de temperatura, presión y caudal
- - Transmisión de datos en tiempo real al modelo gemelo

CÓMO CREAR UN GEMELO DIGITAL

- **Simulaciones y mantenimiento**
- Simula el flujo, la pérdida de calor y los cambios de temperatura
- - Detecta anomalías
- **Mantenimiento predictivo basado en las condiciones reales**
- El sistema predice qué tramo de la tubería va a sufrir daños debido al desgaste por el paso del tiempo
- El equipo de mantenimiento puede trabajar de forma más estructurada, sin limitarse únicamente a un plan de mantenimiento basado en plazos.

CÓMO CREAR UN GEMELO DIGITAL

- **Optimización energética**
 - El gemelo digital analiza los patrones de consumo, por ejemplo, la mayor demanda de calor por las mañanas y por las tardes entre semana.
 - En función de ello, la potencia de las calderas se controla de forma dinámica para evitar la generación innecesaria de calor.
- **Simulación de escenarios hipotéticos**
 - Por ejemplo: ¿qué pasaría si se conectara una nueva urbanización a la red?
 - El gemelo digital puede utilizarse para simular si el sistema actual podría hacer frente a esta situación o si serían necesarias mejoras.

GEMELOS DIGITALES EN LA CALEFACCIÓN URBANA

- **Modelización y optimización de redes**
- Modelos precisos y actualizados en tiempo real del comportamiento hidráulico y térmico de las redes de tuberías.
- Ayudan a identificar y minimizar las pérdidas en la red (por ejemplo, pérdida de calor o caída de presión).
- Identifican las resistencias hidráulicas y perfeccionan la calibración del sistema para reflejar de forma más realista el funcionamiento en el mundo real.
- **Apoyo a las operaciones y al mantenimiento**
- El gemelo digital le ayuda a predecir fallos del sistema y necesidades de mantenimiento.
- En caso de fallo, las simulaciones pueden utilizarse para analizar rápidamente las posibles causas y soluciones.
- Facilita el mantenimiento predictivo, lo que reduce el tiempo de inactividad.

GEMELOS DIGITALES EN LA CALEFACCIÓN URBANA

Diseño y desarrollo

- A la hora de diseñar nuevos tramos de red o realizar mejoras, se pueden utilizar simulaciones para comprobar el impacto de las nuevas configuraciones antes de implementarlas en el mundo real.
- Esto ayuda a planificar cómo modernizar la infraestructura existente con un coste mínimo.
- Regulación y control
- El gemelo digital puede interactuar con sistemas de control automatizados (por ejemplo, SCADA) para ofrecer recomendaciones en tiempo real o incluso modificar automáticamente los parámetros de control.

NOVEDAD RESPECTO A LA SUPERVISIÓN DEL SISTEMA

	Monitorización de sistemas basada en datos	Gemelo digital
¿En qué consiste?	Supervisión y análisis básico de datos operativos en tiempo real.	Una réplica virtual dinámica y en directo del sistema, que también realiza simulaciones y previsiones.
Objetivo principal	Detección rápida de fallos, seguimiento del estado.	Optimización, previsión, apoyo a la toma de decisiones, simulación.
¿Hasta qué punto es profundo el procesamiento de datos?	Solo una observación: si algo se desvía de la norma, lo señala.	Analiza los datos periódicamente, «comprendiendo» la dinámica del sistema.
¿Utiliza la predicción?	De forma muy limitada o para nada.	Sí, utiliza aprendizaje automático o simulación física para predecir.
Respuesta ante los errores	Se requiere una decisión humana tras notificarse un error.	No solo notifica los errores, sino que también sugiere soluciones o interviene automáticamente.
Simulaciones	Nunca o muy raramente.	Realizar simulaciones periódicas de «qué pasaría si...» (por ejemplo, si falla una bomba).
Ejemplos	Supervisión SCADA, paneles de control, alarmas sencillas.	Modelización completa de la red, mantenimiento predictivo, optimización energética.

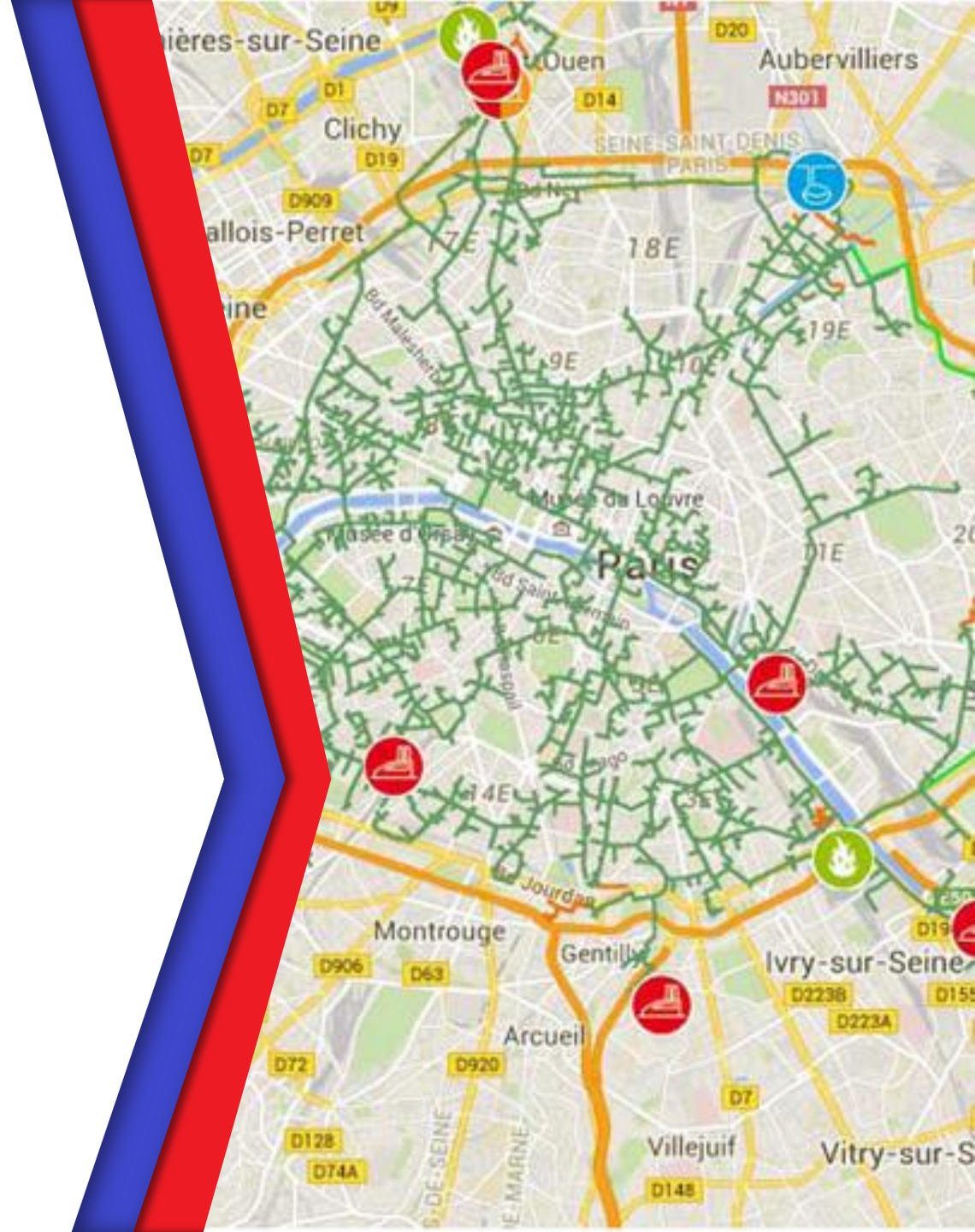
REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN URBANA

CASOS PRÁCTICOS



SHaKE

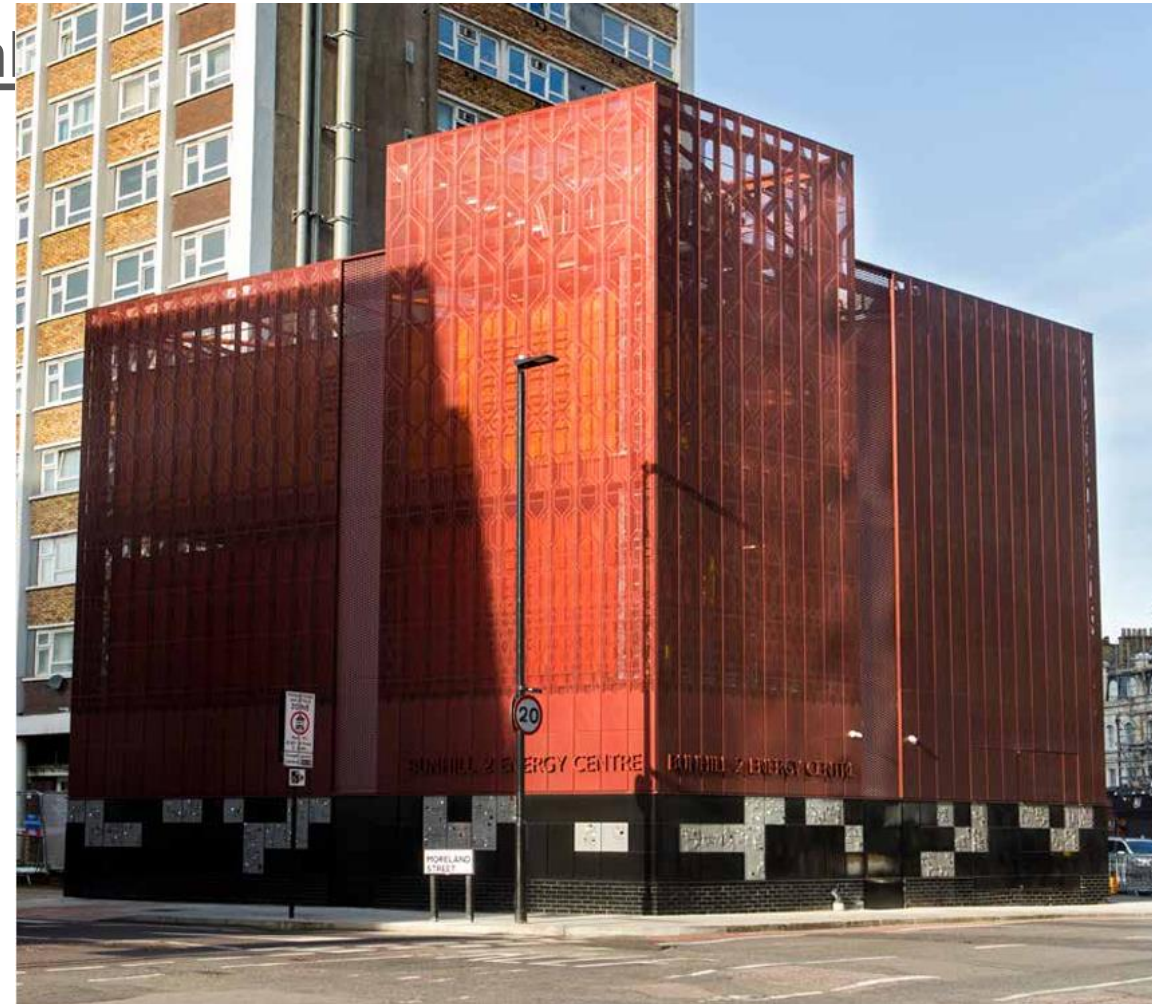
Sharing Knowledge on Energy Communities



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN CENTRALIZADA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

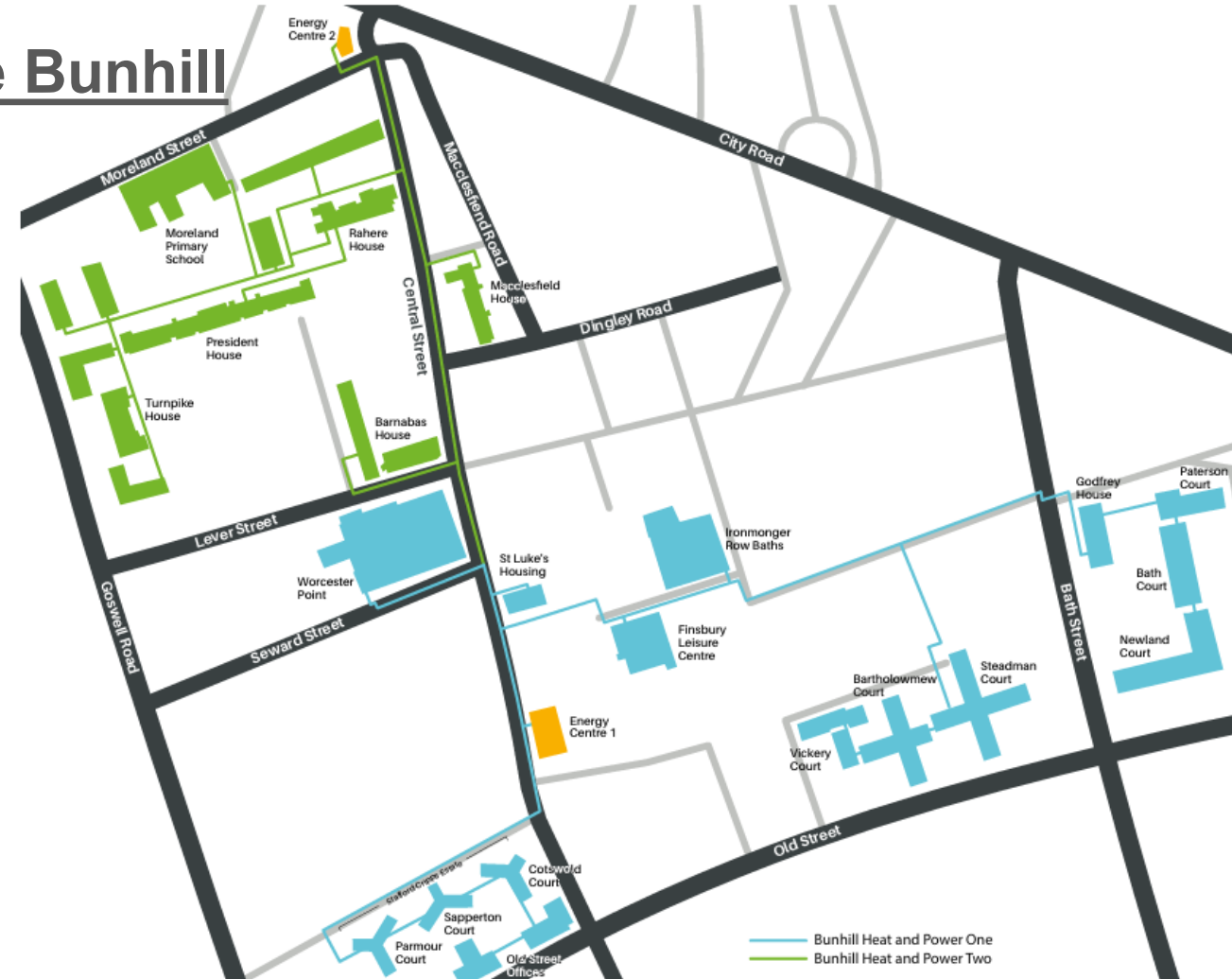
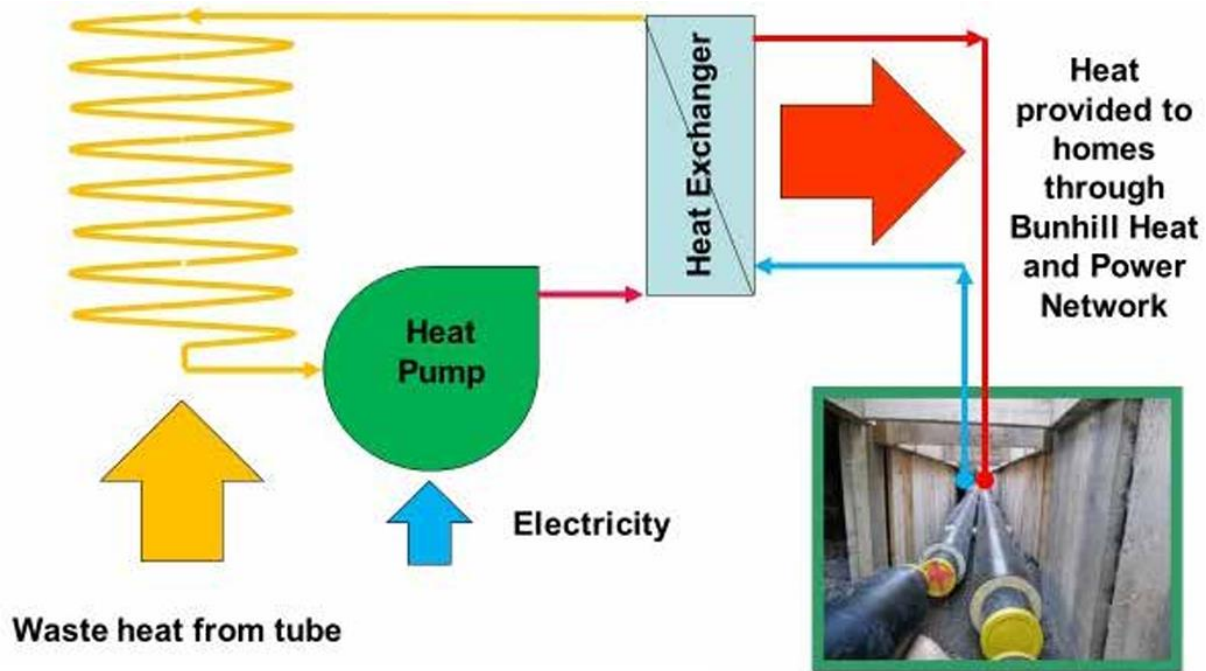
Londres: Red de calor y electricidad de Bunhill

- El primer proyecto del mundo en aprovechar el calor residual de una red de metro (el metro de Londres) y utilizarlo para suministrar calefacción a nivel local.
- La fase 1 se basó en una central de cogeneración (CHP) alimentada con gas situada en Central Street; el calor residual de la generación de electricidad se captaba para la calefacción urbana.
- La fase 2 introduce un nuevo centro energético situado en un pozo de ventilación del metro de Londres (esquina de Moreland Street con Central Street). Este extrae el calor residual del sistema de ventilación del metro mediante una bomba de calor.



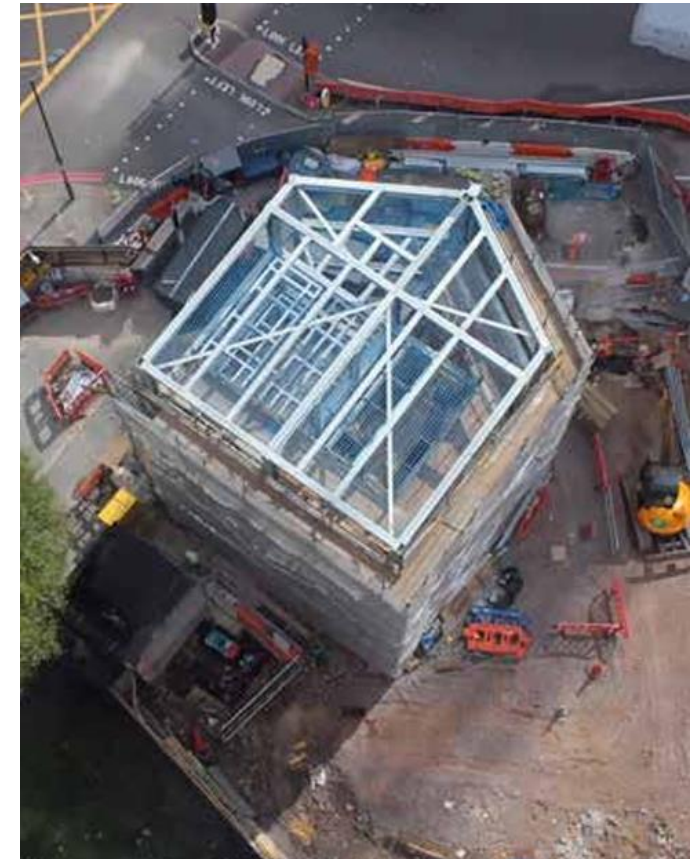
DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN CENTRALIZADA: PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Red de calor y electricidad de Bunhill



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN CENTRALIZADA: PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Red de calor y electricidad de Bunhill, fases de construcción



Fuente: www.islington.gov.uk, Red de calefacción y electricidad de Bunhill.

DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN CENTRALIZADA: PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Red de calor y electricidad de Bunhill



Ventilador de pozo de ventilación

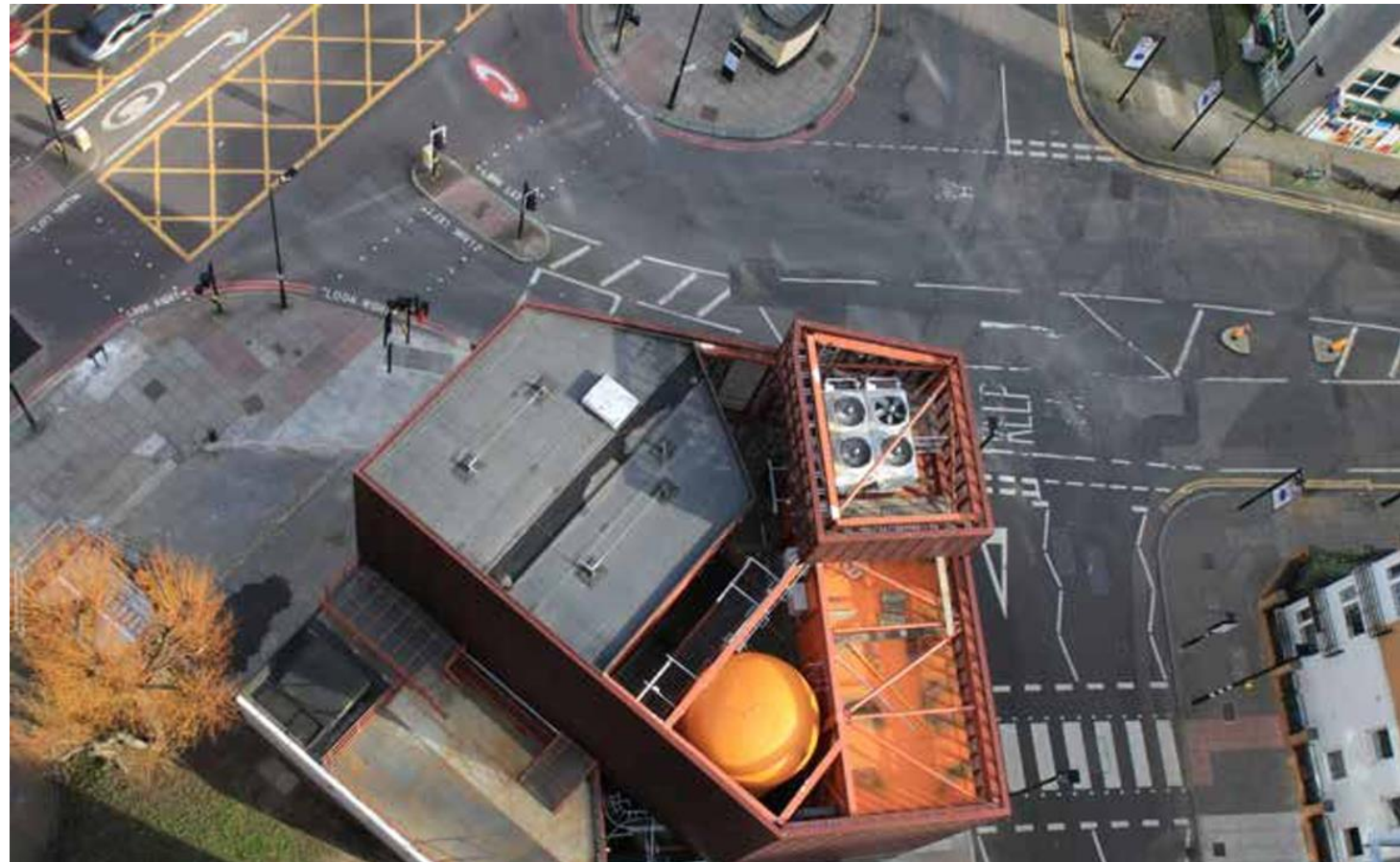


Almacenamiento de energía térmica

DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Red de cogeneración de Bunhill

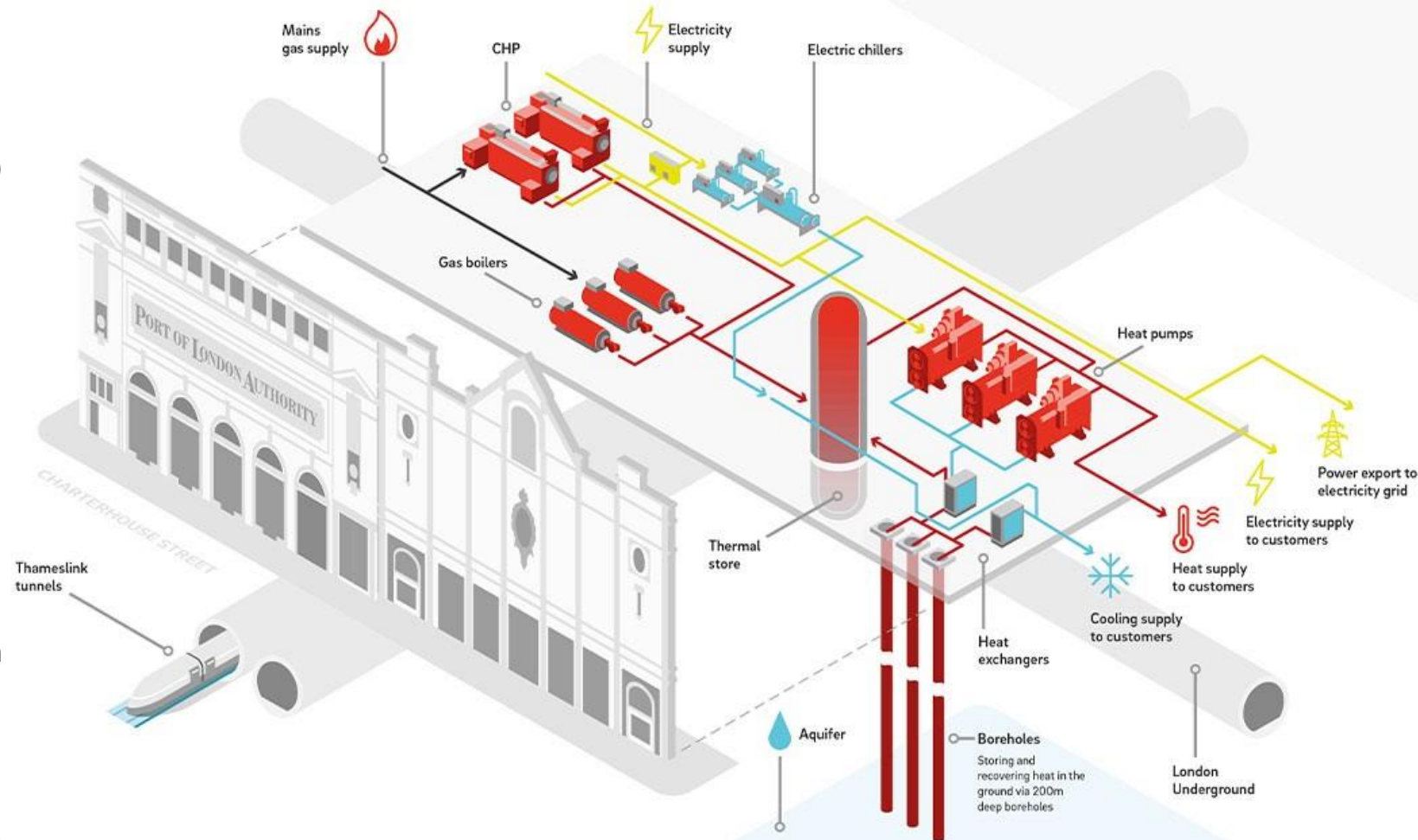
- El diseño también permite la redundancia y la resiliencia: los dos centros energéticos (el antiguo y el nuevo) están interconectados, de modo que uno puede asumir el funcionamiento si el otro falla.
- La ampliación de la fase 2 conecta 550 inmuebles adicionales (King Square Estate, Moreland School, etc.) a la red.
- Esto se suma a las aproximadamente 800 viviendas y edificios públicos a los que ya da servicio la fase 1.
- Se estima que la ampliación supondrá una reducción de las emisiones de carbono de unas 500 toneladas de CO₂ al año.



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN CENTRALIZADA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Proyecto CITIGEN

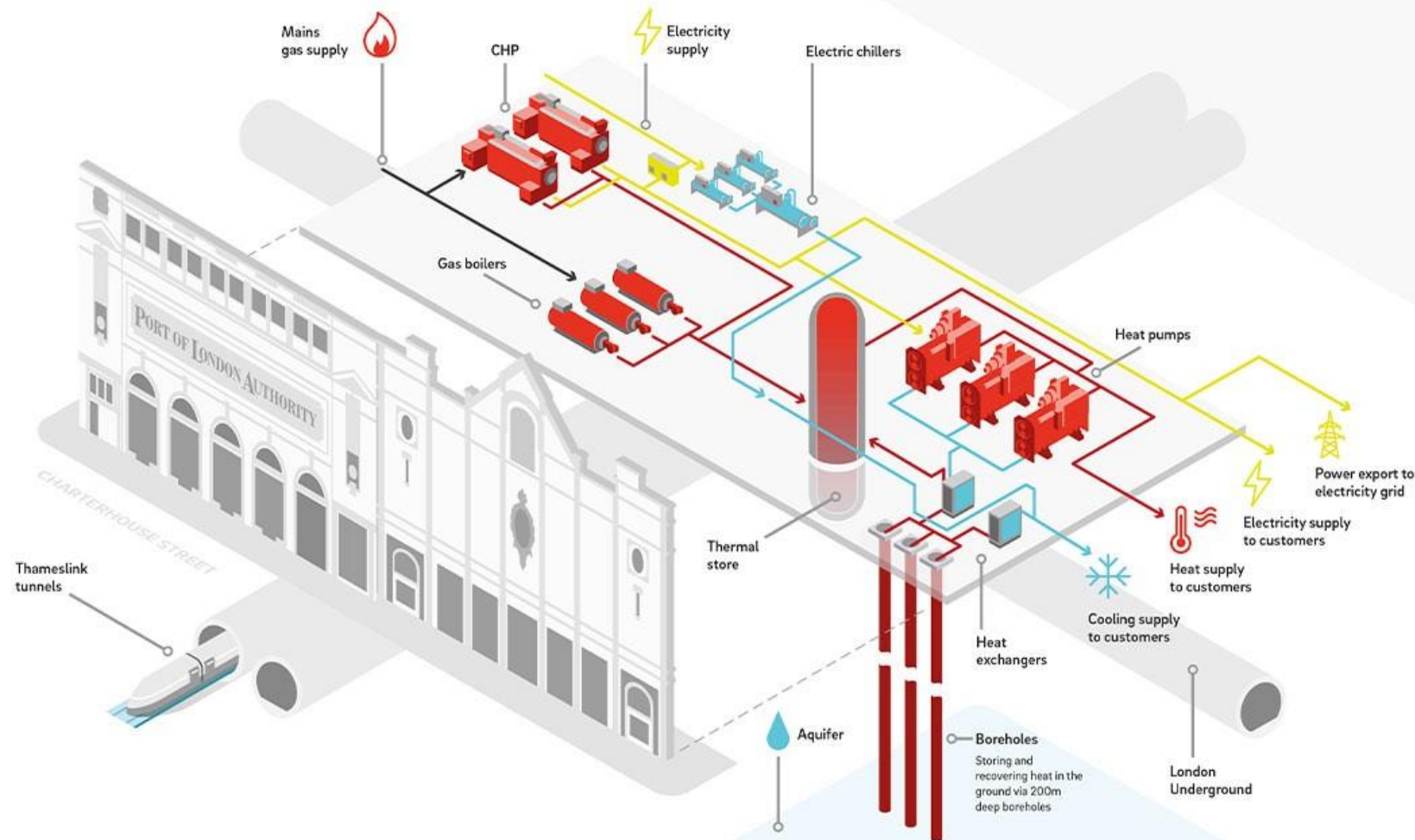
- Una bomba de calor de 4 MW extraerá el calor natural del acuífero de Londres (con una temperatura media de 14 °C) a través de tres pozos situados a 200 metros bajo la superficie, además de reciclar el calor residual procedente de la generación de energía y refrigeración, que de otro modo se liberaría a la atmósfera.
- La bomba de calor cubrirá la demanda de 2.300 hogares o empresas del Reino Unido. A ello se suman otros 2,8 MW de nueva capacidad de refrigeración para los clientes de todo el distrito empresarial.
- Depósito de almacenamiento térmico de 320 000 litros para garantizar la flexibilidad en la generación de calor —reducción de picos de demanda—, lo que permite a Citigen utilizar el exceso de energía renovable de la red para almacenar calor.



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN CENTRALIZADA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Proyecto CITIGEN

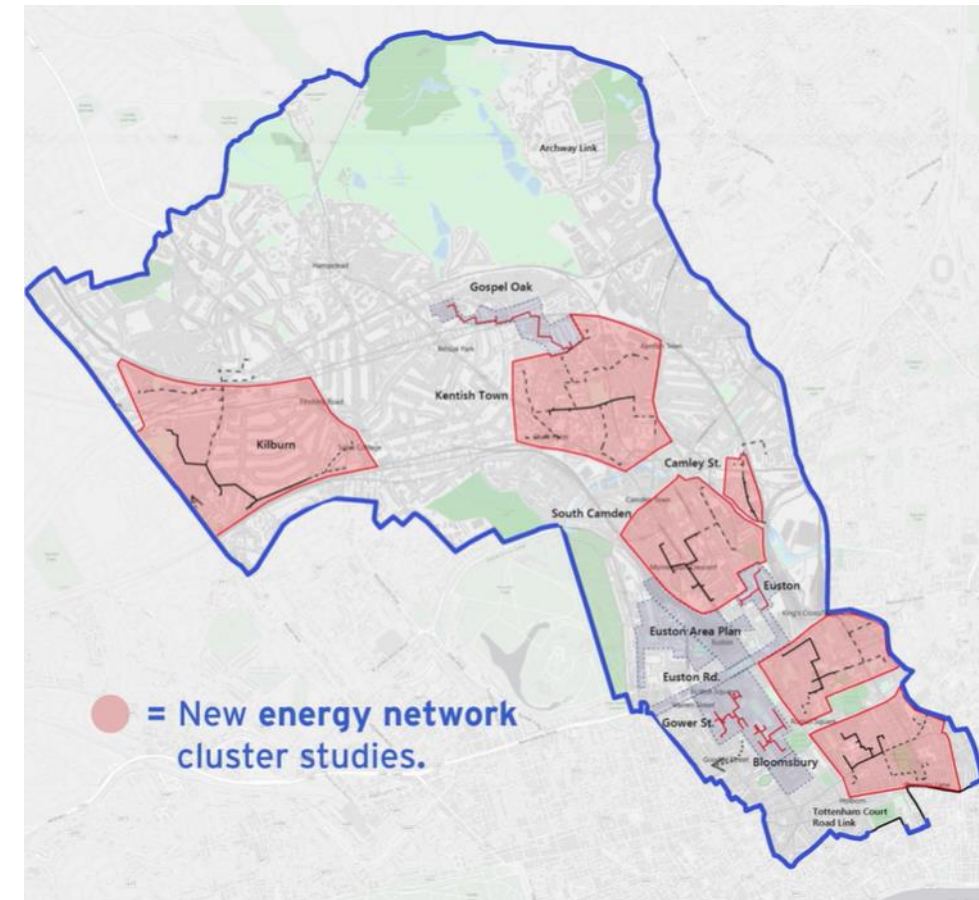
- Citigen cuenta con un gran acumulador térmico con una capacidad de 320 000 litros para agua caliente. Este acumulador térmico permite una mayor flexibilidad en la generación de calor —reducción de picos de demanda—, lo que permite a Citigen utilizar el exceso de energía renovable de la red para almacenar calor.



DESARROLLO DE LA VIVIENDA SOCIAL: LA PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Red de energía descentralizada de Somers Town

- Suministra calefacción y agua caliente a cinco complejos residenciales, un nuevo centro comunitario y la escuela Edith Neville, que ha sido rediseñada, y proporciona electricidad al Instituto Francis Crick a través de una línea privada.
- Se optó por una solución por fases, ya que los datos operativos históricos disponibles para determinar los patrones de demanda eran limitados, por lo que el Ayuntamiento quiso disponer de un periodo de estudio tras la conexión de las primeras urbanizaciones para comprender el rendimiento de la red. Esto nos permitiría analizar los datos operativos antes de decidir cuál es el tamaño de motor de cogeneración más adecuado para ofrecer una solución precisa.



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: LA PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Desarrollo de la calefacción urbana en París

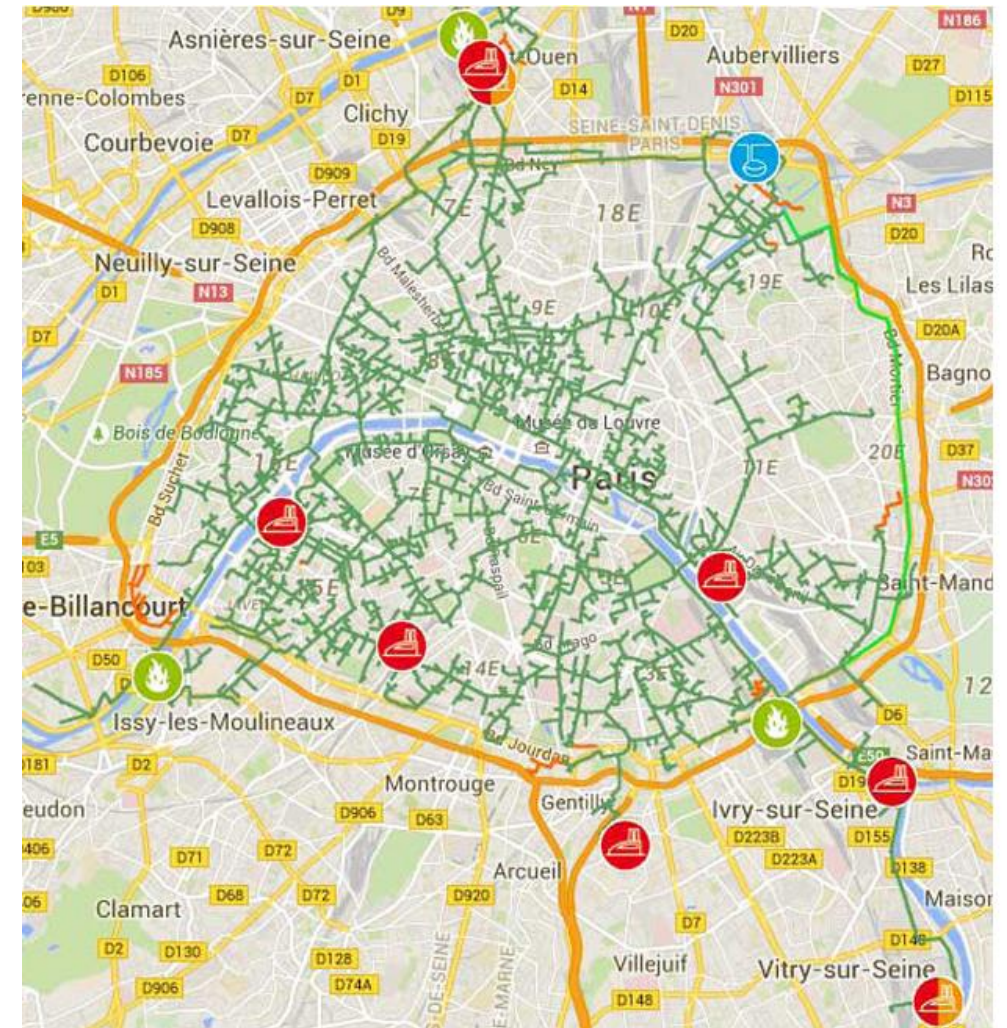
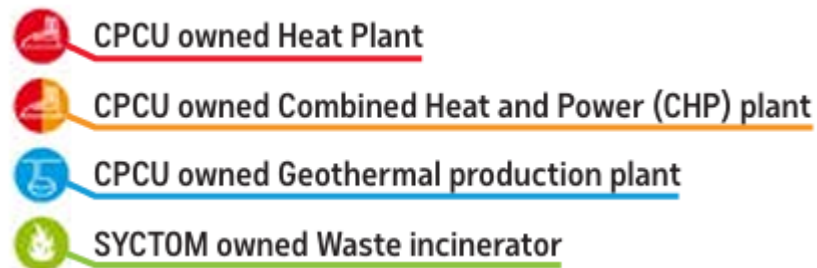
- Red de calefacción urbana de CPCU: ~ 5.500 GWh/año de calor producido; longitud de la red ~ 475 km.
- La CPCU da servicio a unos 500 000 hogares equivalentes, lo que incluye el 100 % de los hospitales, alrededor del 50 % de las viviendas sociales y alrededor del 50 % de los edificios de titularidad pública.



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: LA PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Desarrollo de la calefacción urbana en París

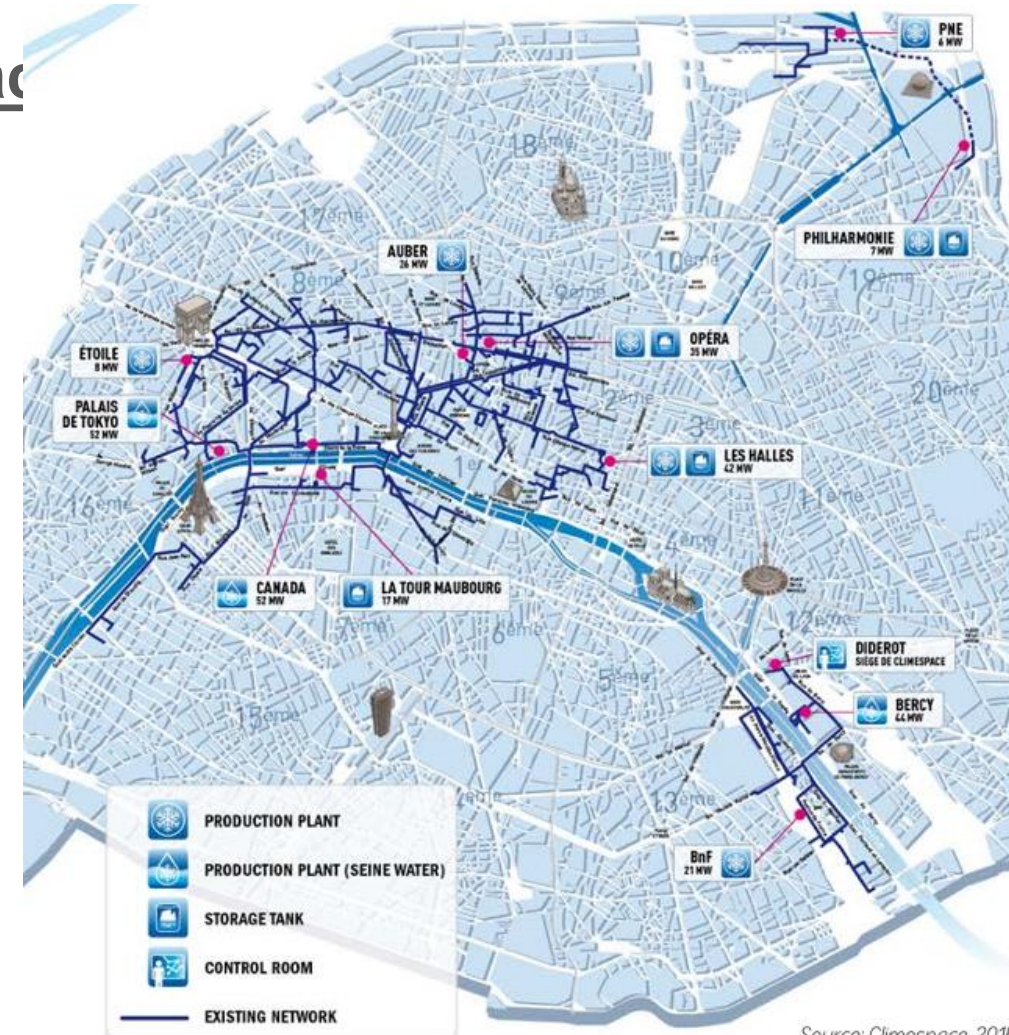
- Red de calefacción urbana de CPCU: ~ 5.500 GWh/año de calor producido; longitud de la red ~ 475 km.
- La CPCU da servicio a unos 500 000 hogares equivalentes, lo que incluye el 100 % de los hospitales, alrededor del 50 % de las viviendas sociales y alrededor del 50 % de los edificios de titularidad pública.



DESARROLLO DE LA VIVIENDA: LA PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

París: Sistema de refrigeración urbana Climespace

- Sistema de refrigeración urbana
Climespace: ~ 330 MW de capacidad de refrigeración, ~ 412 GWh/año. ~ 71 km de red de refrigeración.



Source: Climespace, 2015

DESARROLLO DE LA VIVIENDA SOCIAL: LA PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Londres: Red de energía descentralizada de Somers Town

- Primera fase: instalación de la red de calefacción urbana que conecta cuatro complejos residenciales y la reconversión del centro energético en el sótano de un aparcamiento infrautilizado de la década de 1960.
- Segunda fase: instalación del motor de cogeneración y de los acumuladores térmicos, y conexión a la red de otro bloque de viviendas, un centro comunitario y un colegio.

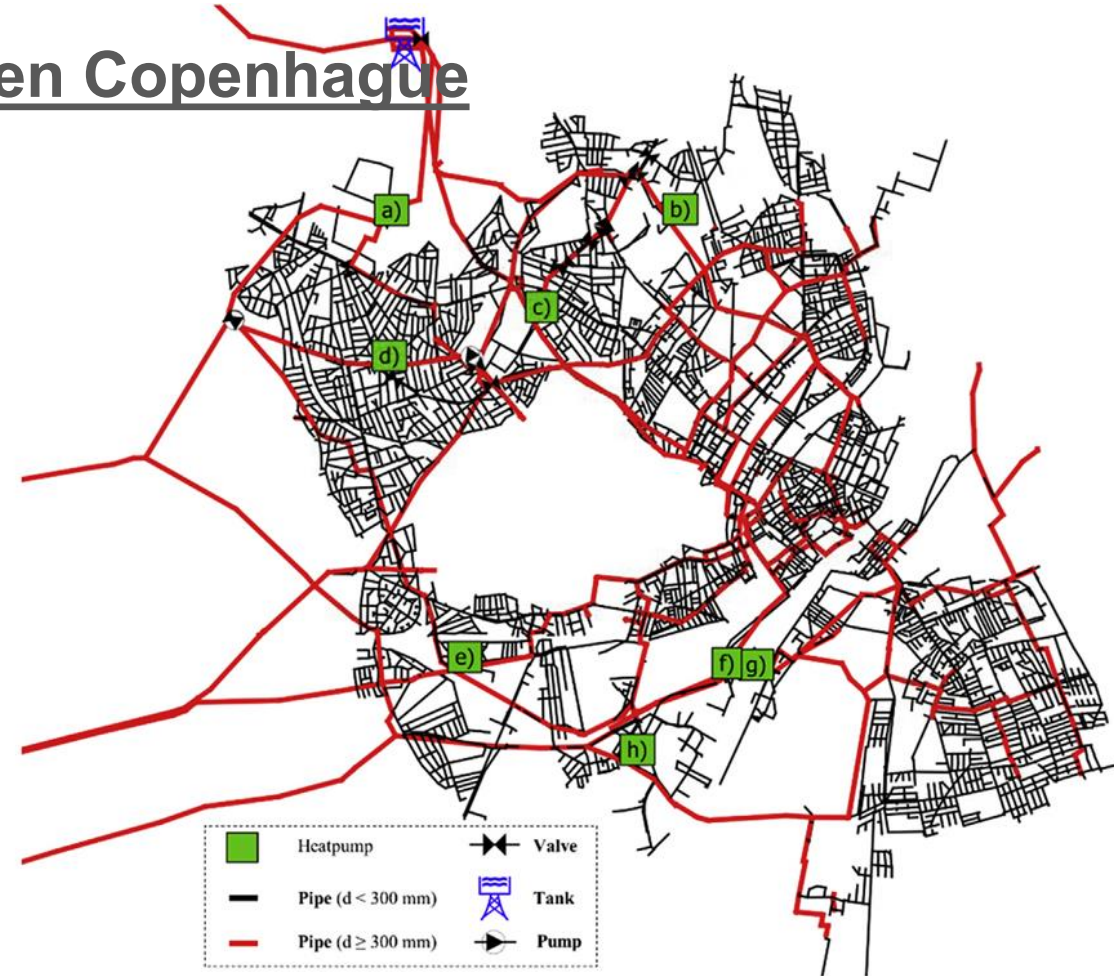


Fuente: <https://www.vitalenergi.co.uk/case-studies/somers-town-decentralised-energy-network>

DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

La red de agua potable como fuente de calor en Copenhague

- La red de distribución de agua potable (DWDN) puede actuar como fuente de calor a baja temperatura mediante grandes bombas de calor (HP) para apoyar la calefacción urbana.
- Copenhague: acoplamiento de la red de agua potable con el sistema de calefacción urbana existente de la ciudad.
- La extracción de calor potencial de la red de agua potable de Copenhague asciende a unos 21 MW.

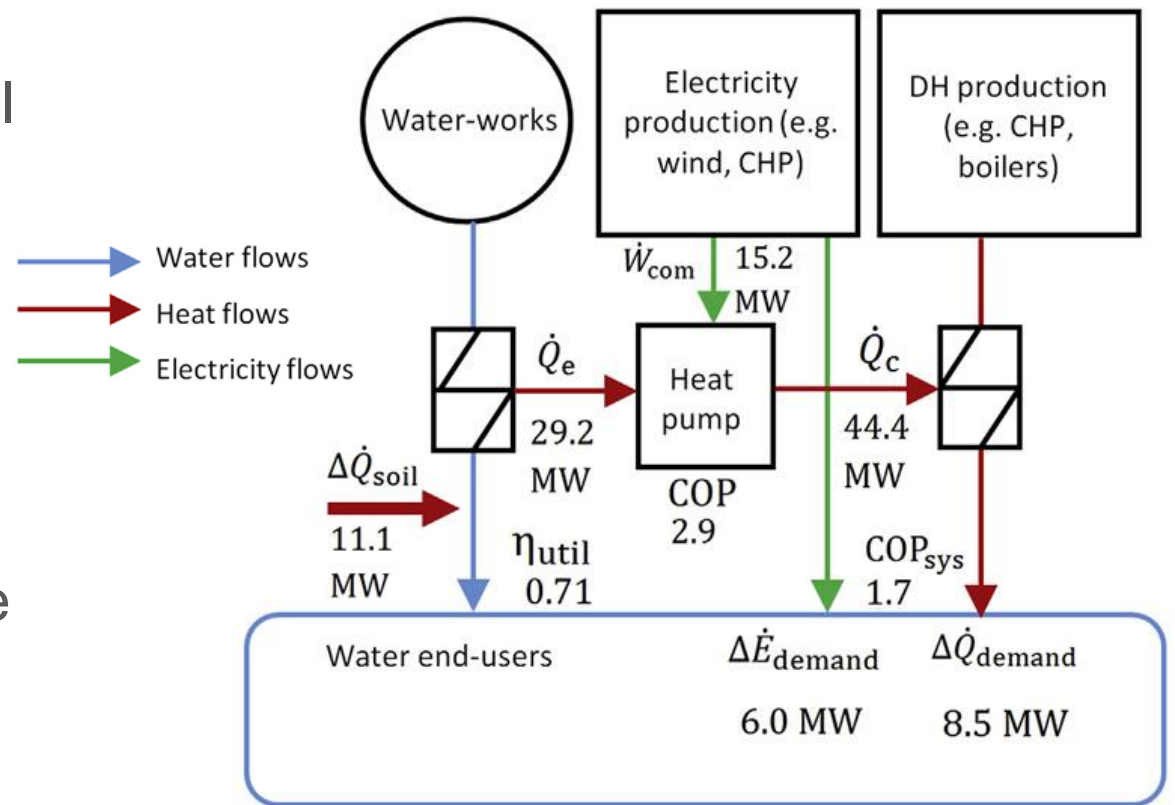


Fuente: Helga Hubeck-Graudal, Jonas Kjeld Kirstein, Torben Ommen, Martin Rygaard, Brian Elmegaard, «El suministro de agua potable como fuente de baja temperatura en el sistema de calefacción urbana: un estudio de caso de la ciudad de Copenhague», Energy, volumen 194, 2020, 116773, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116773>.

DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

La red de agua potable como fuente de calor en Copenhague

- El COP (coeficiente de rendimiento) de la bomba de calor se sitúa entre 2,8 y 3,2, pero el COP del sistema (teniendo en cuenta las pérdidas de la red y las necesidades de recalentamiento) es de solo ~1,7.
- El COP relativamente bajo del sistema sugiere que utilizar el agua potable como fuente no siempre resulta ventajoso.
- En verano, el funcionamiento de un sistema de este tipo podría ayudar a mantener más bajas las temperaturas del agua potable.

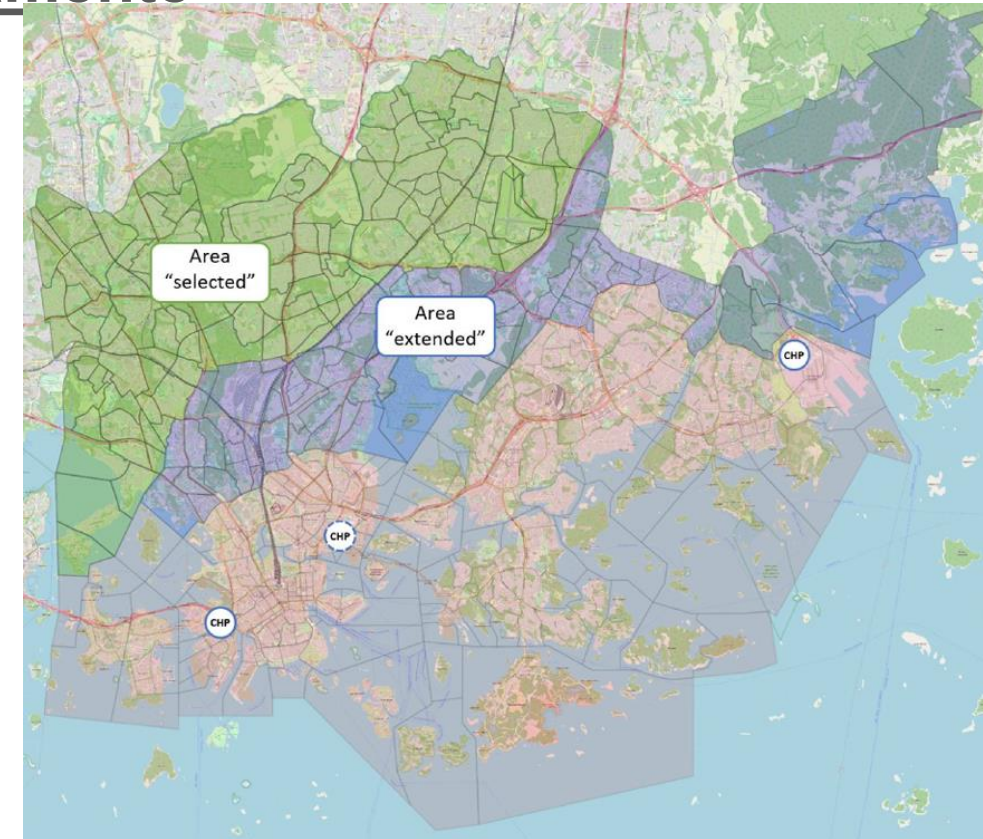


Fuente: Helga Hubeck-Graudal, Jonas Kjeld Kirstein, Torben Ommen, Martin Rygaard, Brian Elmegaard, «El suministro de agua potable como fuente de baja temperatura en el sistema de calefacción urbana: un estudio de caso de la ciudad de Copenhague», Energy, volumen 194, 2020, 116773, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116773>.

DESARROLLO DE DH: LA PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

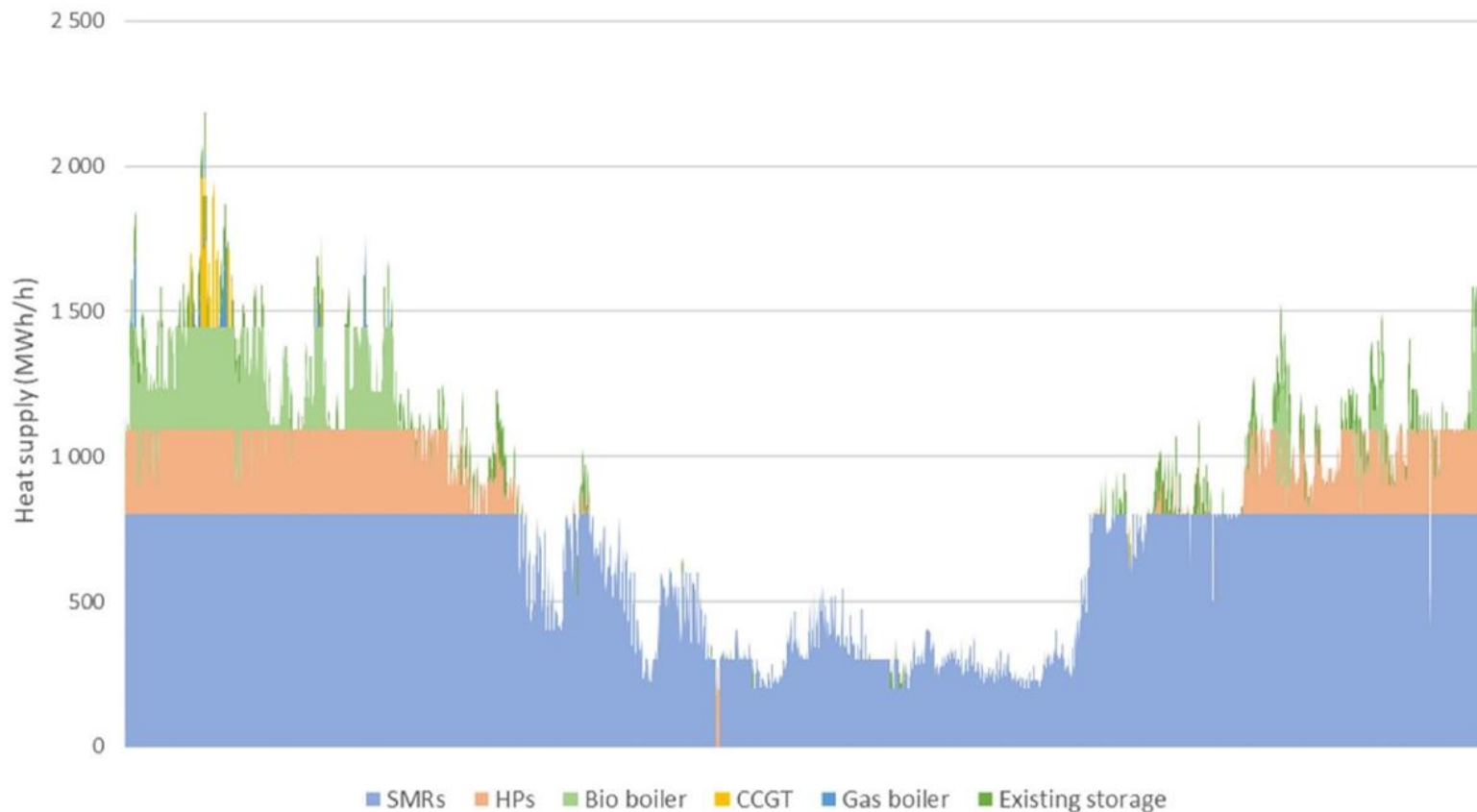
Helsinki: Calefacción urbana distribuida dinámicamente

- El almacenamiento y el funcionamiento en isla son factores clave para la flexibilidad, la resiliencia y el despliegue modular en entornos urbanos.
- Una estrategia híbrida para realizar la transición gradual de un sistema de calefacción urbana (DH) existente (de tercera generación) hacia un funcionamiento de cuarta generación o a baja temperatura, zona por zona.
- En lugar de convertir toda la red de una sola vez, este enfoque permite el funcionamiento «aislado» y localizado de subzonas (es decir, desconectadas de la red principal durante la temporada de calefacción) con su propio suministro de calor distribuido y almacenamiento local, sin dejar de beneficiarse de la red central cuando sea necesario.



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Helsinki: Suministro de calor del sistema existente con tres unidades SMR

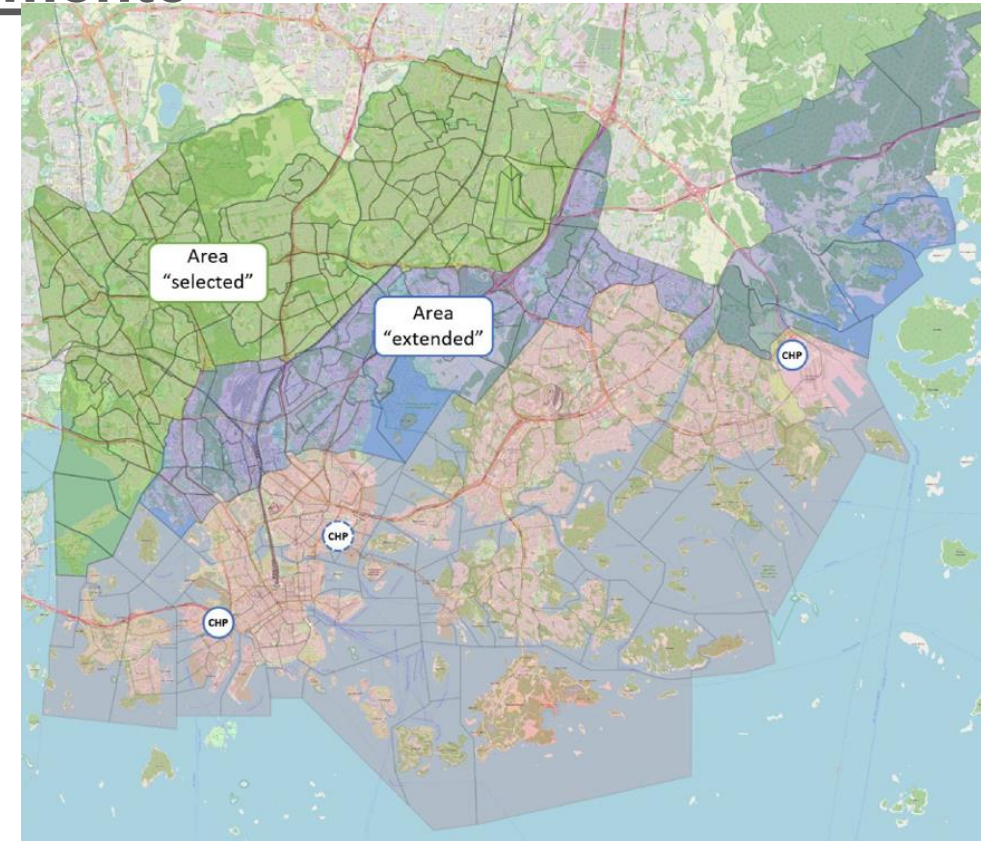


Fuente: Miika Rämä, Esa Pursiheimo, Dennis Sundell, Rinat Abdurafikov: «Calefacción urbana distribuida dinámicamente para un sistema existente», Renewable and Sustainable Energy Reviews, volumen 189, parte A, 2024, 113947, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113947>

DESARROLLO DE DH: INTEGRACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Helsinki: Calefacción urbana distribuida dinámicamente

- El almacenamiento de calor a gran escala de carácter estacional (que se activa durante el verano, cuando se dispone de calor barato o excedente) es fundamental: estos sistemas de almacenamiento se recargan cuando la demanda es baja y, posteriormente, suministran calor durante los meses más fríos a las subzonas aisladas.
- La capacidad de almacenamiento es fundamental: la capacidad de almacenar calor durante los periodos de menor demanda o en verano sustenta la viabilidad de los enfoques de funcionamiento aislado.
- Dado que las zonas aisladas pueden funcionar de forma independiente durante la temporada de calefacción, alivian la presión o las limitaciones sobre la red central en determinadas situaciones de carga.
- El rendimiento depende en gran medida de las condiciones locales (por ejemplo, la disponibilidad de calor barato en verano, el coste y la eficiencia del almacenamiento, el coste de la generación distribuida); su éxito depende del contexto.



DESARROLLO DE LA CALEFACCIÓN URBANA: INCORPORACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Viena: Incorporación de las zonas del centro de la ciudad

HEAT DEMAND ACCORDING TO
THE VIENNA HEATING PLAN 2040

- La red de transporte y distribución es muy extensa: en 2006, la red de calefacción urbana de Viena («red de transporte») había alcanzado una longitud de aproximadamente 1.000 km. Esto indica una amplia cobertura, que incluye el centro de la ciudad y el núcleo urbano.
- Con el tiempo, la calefacción urbana pasó a abastecer a numerosos edificios de las zonas céntricas y urbanas: viviendas, museos, edificios públicos, hoteles y oficinas. Fernwärme Vienna abastece a un gran número de edificios residenciales privados ya existentes, además de a edificios públicos y comerciales.
- La red se amplió mediante la integración de múltiples plantas de producción (incineración, cogeneración), pero también mediante el transporte de calor a distancia a través del anillo de transporte y las tuberías, de modo que el calor generado en Spittelau, Flötzersteig, etc., pudiera llegar a las zonas céntricas o densamente urbanizadas. Así, el centro de la ciudad y los barrios del interior quedaron conectados a través de la red de distribución en expansión.

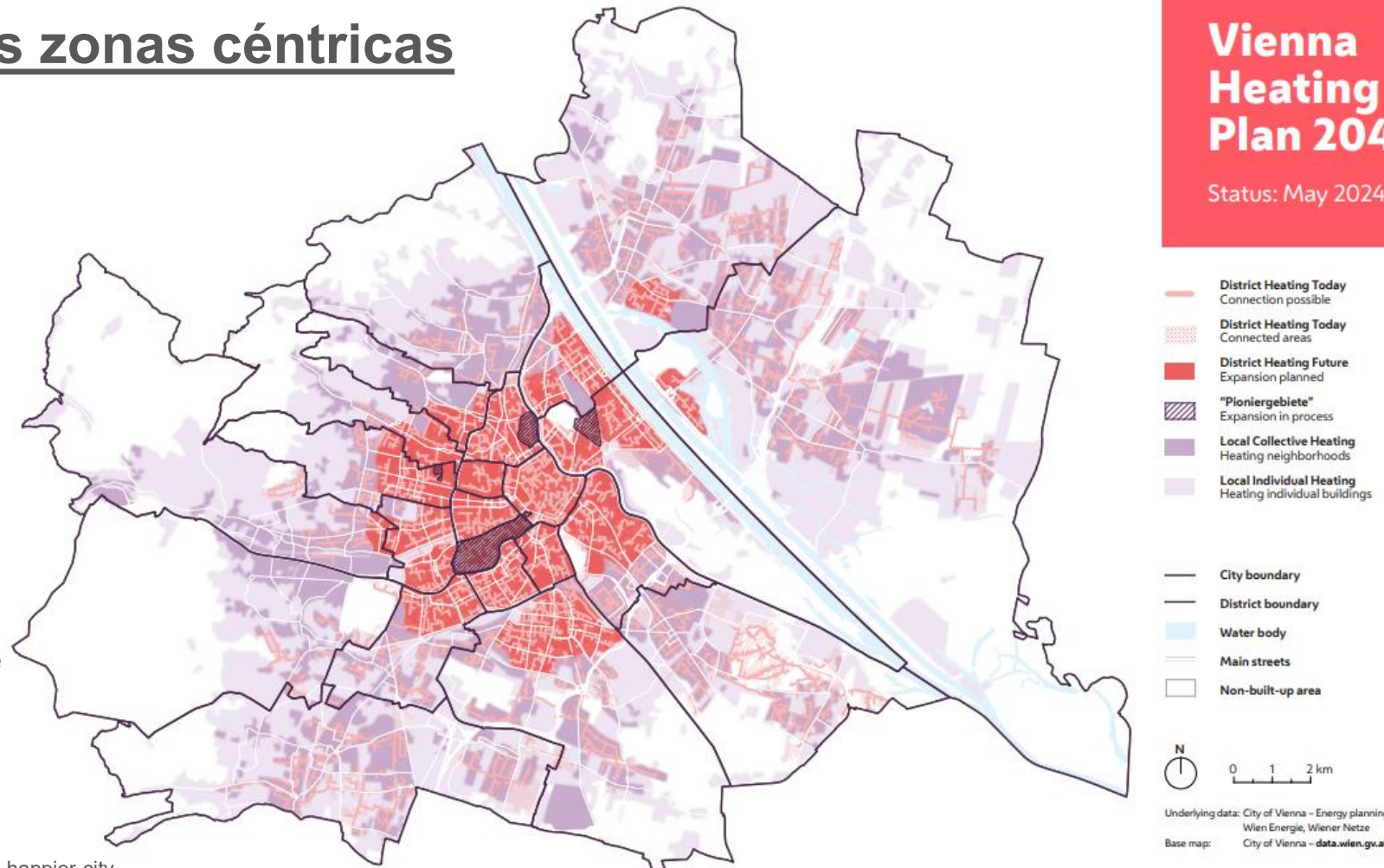


- Areas suitable for district heating
- Supplied with district heating
- Not supplied with district heating
- Local Collective Heating
- Local Individual Heating

DESARROLLO DE DH: PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO

Viena: Participación de las zonas céntricas

- Premios Globales de Energía y Clima en Distritos: Aumentos previstos de la capacidad de producción: un proyecto de repotenciación de una central de cogeneración que añadirá unos 100 MW (capacidad de calefacción urbana) y la planificación de un pozo geotérmico (unos 50 MW) como fuente adicional en el futuro.
- Premios Globales de Energía de Distrito y Clima: Diversificación continuada: más fuentes de calor residual aún por explotar; centrales más eficientes; diversificación de combustibles (biomasa, residuos, fuentes industriales).

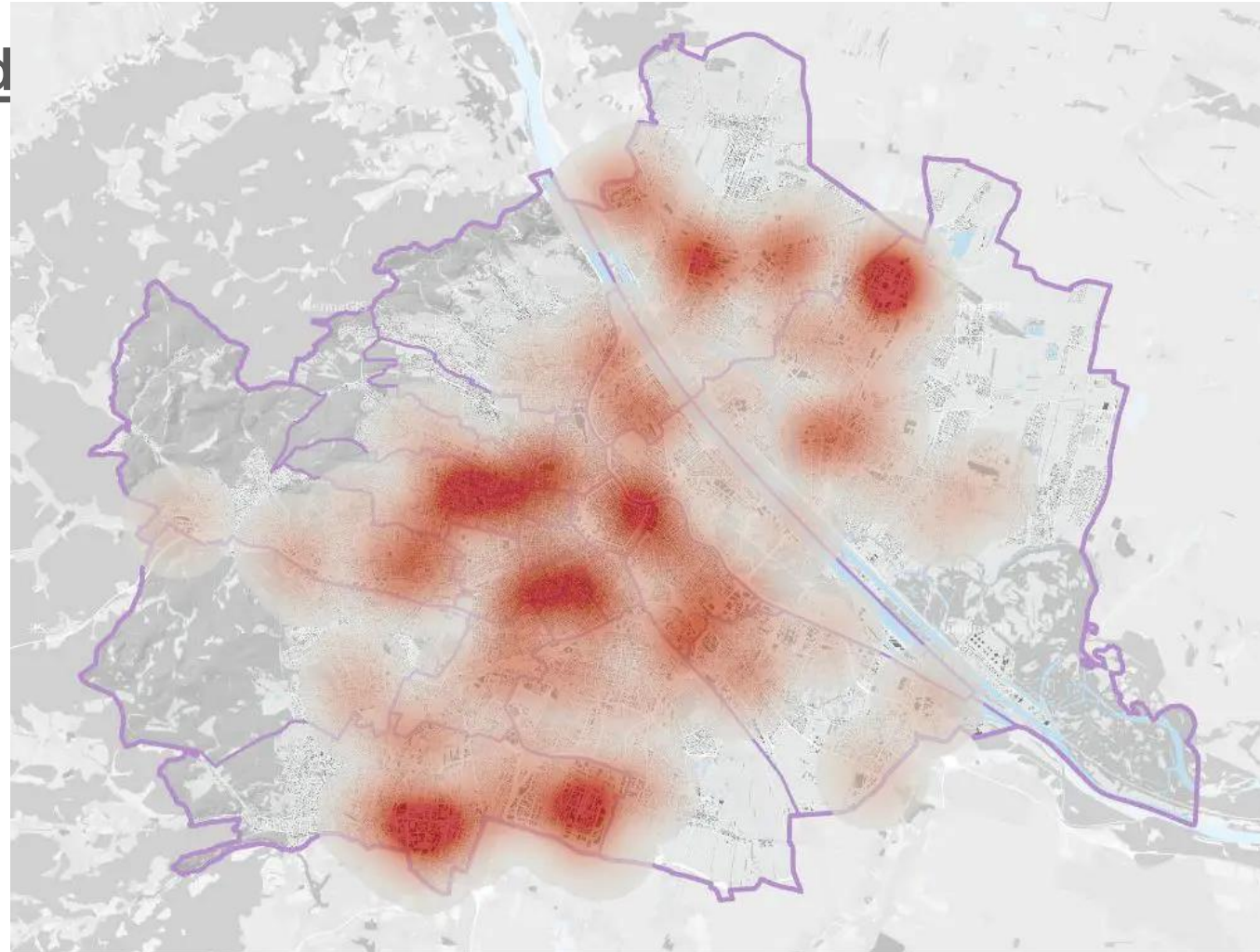


Fuente: <https://eu-mayors.ec.europa.eu/en/vienna-s-heat-detox-for-an-even-happier-city>

DESARROLLO DE DH: PARTICIPACIÓN DE LAS ZONAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD

Mapa del potencial de calor residual d

- Enorme ahorro de energía primaria: el sistema de Viena (con calor residual, etc.) tiene un factor de energía primaria de aproximadamente 0,26 (es decir, se necesitan 0,26 MWh de combustible para suministrar 1 MWh de calefacción urbana), en comparación con los ~1,4 MWh de combustible que se necesitan para la calefacción individual con calderas de gas.
- Las emisiones de CO₂ por MWh han disminuido (por ejemplo, de unos 168 kg de CO₂/MWh en 1990 a unos 130 kg de CO₂/MWh hacia 2005), gracias a la diversificación de combustibles, el aprovechamiento del calor residual, la modernización de las instalaciones, etc.
- Se supervisan las pérdidas del sistema («pérdidas de red»); el documento muestra la evolución de las pérdidas de red y las compara con las medias europeas, lo que indica que la gestión de la red de Viena es relativamente eficiente.



Fuente: <https://smartcity.wien.gv.at/en/thematic-city-map-energy/>



¡Gracias!

Módulo 6: REHABILITACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN URBANA

SHaKE – Compartir calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

<https://www.shakeproject-dhc.eu/>

Desarrollado por BME

Balázs Bokor | bokor.balazs@gpk.bme.hu



Co-funded by
the European Union

