



Raquel González Rodríguez

CHIMENEAS RENACIENTES:  
IDENTIDAD Y ENERGÍA EN BARRIOS URBANOS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Raquel González Rodríguez

CHIMENEAS RENACIENTES:  
IDENTIDAD Y ENERGÍA EN BARRIOS URBANOS

CHIMENEAS RENACIENTES:  
IDENTIDAD Y ENERGÍA EN BARRIOS URBANOS

Estudiante  
Raquel González Rodríguez

Tutor  
Miguel Ángel Gálvez Huerta

Aula TFG 1  
Mercedes González Redondo  
Esther Moreno Fernández

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid  
Universidad Politécnica de Madrid





# INDICE

RESUMEN.....	7
[1] INTRODUCCIÓN.....	9
[1.1] Motivación.....	9
[1.2] Objetivos.....	10
[1.2] Metodología.....	11
[2] ESTADO DEL ARTE.....	13
[2.1] Marco normativo.....	13
[2.1.1] AGENDA 2030.....	13
[2.1.2] Declaración de París sobre el cambio climático.....	14
[2.1.3] Ley de Transición Energética y Cambio Climático.....	14
[2.1.4] Declaración de París sobre el cambio climático.....	14
[2.2] Marco histórico.....	15
[2.2.1] Generación cero.....	15
[2.2.2] Primera generación.....	16
[2.2.3] Segunda generación.....	16
[2.2.4] Tercera generación.....	17
[2.2.4] Cuarta generación.....	17
[2.3] Marco teórico.....	19
[2.3.1] Producción.....	20
[2.3.2] Distribución.....	21
[2.3.3] Subestaciones.....	22
[2.3.4] Usuarios.....	22
[2.4] Centrales térmicas madrileñas.....	22
[2.4.1] Central térmica de Ciudad Universitaria.....	23
[2.4.2] Central térmica de Orcasitas.....	24
[2.4.3] Central térmica de Vallecas.....	25
[2.5] Generación de energía.....	26
[2.5.1] Cogeneración.....	26
[2.5.2] Trigeneración.....	28
[2.5.2] Bombas de calor.....	28
[2.5.4] Uso de renovables.....	29
[3] ENERGÍA Y CENTRALES DE PRODUCCIÓN EN ARGANZUELA, MADRID.....	33
[3.1] Caso de estudio: Arganzuela.....	33
[3.2] Componentes del sistema.....	38
[3.2.1] Ubicación de Central de Producción y Fuentes de Energías .....	38
[3.2.2] Distribución del sistema.....	40
[3.2.3] Intercambiadores de calor.....	41
[3.2.4] Usuarios.....	41
[3.3] Aplicaciones del sistema.....	43
[4] CONCLUSIONES.....	49
[5] BIBLIOGRAFÍA.....	51



# RESUMEN

El cambio climático está provocando la búsqueda efímera de energías sostenibles que sirvan de modelo urbanos eficientes para el desarrollo de modelos urbanos eficientes para el desarrollo y crecimiento de las ciudades. Este trabajo se centra en dar visibilidad a un sistema poco conocido: las redes distritales. Estas redes tienen el potencial de mejorar la eficiencia energética urbana mediante el uso de fuentes renovables, reduciendo el consumo energético y mejorando el medio ambiente.

Se analiza el distrito de Arganzuela en Madrid como ejemplo, demostrando la viabilidad e integración de estas redes. El estudio quiere dar a conocer, a través de un estudio de la zona como aprovechar los recursos disponibles del distrito contribuyendo a la mejora significativa de consumo energético y reduciendo las emisiones contaminantes para el medio ambiente.

***Palabras clave:***

Cambio climático  
Energía sostenible  
Eficiencia energética  
Fuentes renovables  
Redes distritales  
Desarrollo urbano



# [I] INTRODUCCIÓN

Este TFG tiene como objetivo explorar la sostenibilidad en la sociedad, con un enfoque particular en la arquitectura. Como arquitectos, promovemos el uso responsable de los recursos y los materiales, así como una equidad social y económica que protege a los ciudadanos, la ciudad y el medio ambiente, para salvaguardar a las generaciones futuras. Desde el inicio de nuestros estudios, se nos ha inculcado la importancia de la sostenibilidad, la responsabilidad, el cambio climático y la importancia de adoptar prácticas sostenibles que mitiguen el impacto ambiental provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero.

El cambio climático es una realidad actual, resultado del antropocentrismo practicado durante siglos. Sus consecuencias empiezan entrar en vigor. Esta evidencia, lo que subraya es la necesidad de que los arquitectos asuman una mayor responsabilidad en la creación de diseños sostenibles, renovables y eficientes. Conocemos que las principales fuentes de producción como el petróleo, el carbón y el gas, al ser quemados, no solo generan energía, sino también una gran cantidad de gases de efecto invernadero. Esto plantea la necesidad de considerar alternativas más sostenibles que puedan satisfacer las crecientes demandas eléctricas.

Este trabajo tiene como objetivo fijo evidenciar y justificar, por medio de estudios cuantitativos y el análisis de las dinámicas urbanas del barrio de Arganzuela, la integración de centrales térmicas capaces de abastecer de energía eléctrica, calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS). La investigación se centrará en la eficiencia y los beneficios de estos sistemas en comparación con las calefacciones individualizadas por bloques, concluyendo si permiten reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **[1.1] MOTIVACIÓN**

La motivación de este estudio surge de un interés personal en cómo se puede contribuir a la mejora urbana a través modelos energéticos. Mi interés por el urbanismo ha sido una constante presente a lo largo de mi formación académica, especialmente a lo que respecta a resiliencia barrial y las necesidades de acondicionamiento y climatización.

El urbanismo no solo trata de planificar y construir, sino también de entender las necesidades de las comunidades y como los entornos urbanos puede satisfacer estas necesidades de manera sostenible. A través de este TFG, se busca profundizar en como los sistemas distritales de calefacción, refrigeración y ACS pueden contribuir a un urbanismo más sostenible. La idea no es solo estudiar estos sistemas desde el punto de vista técnico, sino comprender su impacto social y económico.

A nivel de la escala urbana, promueve barrios resilientes y complejos para fomentar la diversidad y conectividad de las partes. Por otro lado, la ciudad compacta y de la calidad: a menor distancia, mayor eficiencia ya que se aprovechan mejor los recursos. La proximidad trae consigo el ahorro de recursos; en definitiva, la que hace que se minimice la pérdida de energías, congestión y contaminación y contribuye a la innovación, colaboración y vitalidad a largo plazo.

## **[1.2] OBJETIVOS**

El propósito principal de este trabajo es visibilizar los sistemas distritales como medio de producción de calefacción, refrigeración y ACS a nivel urbano para el acondicionamiento y climatización de un área urbana, estudiando sus optimizaciones de uso y fuentes renovables para como medio de climatización. Este análisis se llevará a cabo mediante:

- Dar en detalle cómo funciona el sistema, estudiando, dando a conocer el funcionamiento del sistema
- Demostrar su mejora en cuanto los sistemas individualizados de calderas de gas, a través de una comparativa cuantitativa sobre la producción y eficiencia energética de ambos sistemas.
- Evaluar el impacto ambiental de los sistemas distritales con generación de fuentes renovables en términos de emisiones y contaminación
- Proponer estrategias de integración urbana y a analizar las ventajas: Desarrollar propuestas para la integración de las centrales térmicas distritales en el diseño urbano, considerando las características específicas a través del estudio del entorno urbano de Arganzuela.

### [1.3] METODOLOGÍA

Para estructurar la metodología vamos a detallar una serie de fases que permiten abordar de manera sistemática los objetivos planteados:

- Estudiamos sus antecedentes, marcamos una fase descriptiva a nivel normativo, estableciendo las legislaciones vigentes y un marco teórico, en el que se estudian las funciones de las redes distritales y su presencia a lo largo de la historia, como sus funciones.
- Una vez conocido el sistema analizamos los modos de optimización y de recursos energéticos que suponen una mayor eficiencia en la red. Con especial enfoque en las energías renovables.
- Enfoque del caso de estudio de manera urbana en Arganzuela, Madrid. Esto supone un estudio de la zona para la integración de las redes fomentando los recursos disponibles tanto urbanos como energéticos, justificando la zona a tratar.
- Análisis comparativo de las demandas en cuanto a la eficiencia energética, demostrando su mejora con los sistemas individualizados. Incluyendo las fuentes de energía renovables ejemplificado en un contexto urbano real.



## [2] ESTADO DEL ARTE

### [2.1] MARCO NORMATIVO

#### [2.1.1] AGENDA 2030

La Agenda 2030, adoptada por los países miembros de las Naciones Unidas, es un plan integral para promover el desarrollo sostenible en dimensiones económicas, sociales y ambientales. Su enfoque holístico reconoce la interconexión de los desafíos globales. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 establecen metas para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. En el contexto de la transición energética y el cambio climático, la Agenda promueve el uso sostenible de recursos, energías renovables y la eficiencia energética, contribuyendo a un futuro más sostenible y equitativo.

Como arquitectos, buscamos mejorar y ahorrar energía alineados con la Agenda 2030:

- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante, fundamental para reducir las emisiones del abastecimiento energético.
- Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 11: Crear ciudades y comunidades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, gestionando el crecimiento urbano y la infraestructura.
- Objetivo 12: Promover la producción y el consumo responsables, esenciales ante el agotamiento de recursos y el aumento de la demanda energética.

Los países pueden acelerar la transición hacia un sistema energético sostenible invirtiendo en energías renovables, priorizando la eficiencia energética y adoptando tecnologías limpias.



Figura 2.1.1. Logo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que Integran la Agenda 230

#### [2.1.2] Ley de Transición Energética y Cambio Climático

La Ley de Transición Energética y Cambio Climático de España es una pieza legislativa fundamental para impulsar la transición hacia un modelo energético más sostenible y resiliente frente al cambio climático. Su importancia radica en que establece un marco normativo claro y ambicioso que orienta las políticas y acciones del país en materia de energía y clima. Entre sus objetivos principales se encuentran la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el fomento del uso de energías renovables, la promoción de la eficiencia energética

y la adaptación a los impactos del cambio climático. Esta ley no solo contribuye a cumplir con los compromisos internacionales asumidos por España, como los establecidos en el Acuerdo de París, sino que también impulsa la innovación, la competitividad y la creación de empleo en sectores clave de la economía verde. Además, sienta las bases para una transición justa y equitativa, asegurando que nadie se quede atrás en el camino hacia un futuro más sostenible y próspero.

### **[2.1.3] Declaración de París sobre el cambio climático**

El Acuerdo de París es un hito crucial en la lucha global contra el cambio climático. Al ser un tratado internacional, proporciona un marco unificado para la acción climática a nivel mundial. Su importancia radica en que establece compromisos específicos por parte de los países firmantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y limitar el calentamiento global a menos de 2 grados Celsius, preferiblemente a 1.5 grados Celsius, con respecto a los niveles preindustriales. Este acuerdo no solo representa un compromiso moral para proteger el planeta y sus habitantes, sino que también crea un ambiente propicio para la inversión en tecnologías limpias y sostenibles, fomentando la innovación y el desarrollo económico verde a nivel mundial.

### **[2.1.4] Directiva de eficiencia energética de los edificios, EU/2024/1275 (EPBD, Energy Performance of Buildings Directive) y Directiva sobre la eficiencia energética EU/2023/1719**

Se trata de una ley para reducir el consumo de energías y las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía en el sector de la construcción, buscando la renovación de los edificios menos eficientes de cara al 2030 y edificios descarbonizados para el año 2050. Con ello decir que la antigüedad de los edificios está caracterizada por un rendimiento energético deficiente, actuar en la rehabilitación es clave para conseguir un ahorro energético por ello ambas leyes promueven un entorno óptimo para la inversión a largo plazo sobre todo en el campo de la construcción.

Esta ley acoge una disposición relacionada con los objetivos a desempeñar. Reside en la adopción de medidas para descarbonizar los sistemas de calefacción y eliminar gradualmente los combustibles fósiles en la calefacción o refrigeración con el objetivo de eliminar progresivamente las calderas de combustibles fósiles. Garantizar que los nuevos edificios prevean la integración de aislamiento térmico y de sistemas energéticos, de cara la climatización, ventilación y energías renovables, causando mayor fiabilidad, calidad sobre las certificaciones energéticas.

## [2.2] MARCO HISTÓRICO







Para entender el marco actual vamos a estudiar la producción de las energías a lo largo de la historia, en relación con las demandas y los impactos en la ciudad. El análisis se organiza en las siguientes generaciones de DH.

### [2.2.1] GENERACIÓN CERO

En la antigüedad, los romanos fueron pioneros en higiene y confort, creando sistemas de canales para transportar agua a los edificios, lo que hoy se conoce como redes de abastecimiento, saneamiento y calefacción. En Pompeya, el hipocausto, un sistema de calefacción por suelo radiante, es uno de los primeros ejemplos avanzados de tecnología de calefacción. El templo de Éfeso, en 350 a.C., tenía un sistema para calefactar termas y casas adineradas mediante hornos de combustión.

Durante la Edad Media, se mejoraron los sistemas energéticos existentes y se diseñaron los primeros sistemas de distribución. En 1332, en Auvernia, Francia, se construyó un sistema de distribución de madera que abastecía a 30 viviendas con agua caliente, utilizando una fuente geotermal. Este sistema es considerado uno de los primeros de energía renovable, demostrando su viabilidad hasta hoy en Chaudes-Aigues, Francia, pionera en la calefacción urbana.

La llama es la principal fuente de energía consideradas, proporciona calor y luz, dos factores fundamentales en el ámbito humano. La energía se entiende como la capacidad de realizar operaciones con la potencia necesaria, siendo el sol la primera fuente conocida. Antes de la explotación del carbón, las fuentes de energía naturales y humanas, como el agua y el viento, se usaban ampliamente. Sin embargo, estas energías no eran suficientes para abastecer a toda la población, lo que limitaba el crecimiento económico y el desarrollo urbano.

MAQUINA		POTENCIA	TIEMPO	ENERGIA PaT	PaTmáquina/ PaThumana
Hombre		0,1 KW	8 horas 480 min.	48 KWh	1 día
Buey		0,3 KW	8 horas 480 min.	360 kWh	7,5 días
Molino de viento		8 KW	12 horas 720 min.	72,000 KWh	1,500 días
Máquina de vapor		100 KW	12 horas 720 min.	360,000 KWh	7,500 días
Turbina de vapor		1000 KW	12 horas 720 min.	3,600,000 KWh	750,000 días
Petróleo		5000 kW	24 horas	240,000 KWh	5,000 días

4 días de trabajo  
5760 minutos  
1L petróleo

Figura 2.2.1. Tabla de potencias y energías. Análisis de datos y comparativas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2.1

### [2.2.2] PRIMERA GENERACIÓN

Para ponernos en contexto el punto clave fue la revolución industrial a finales del siglo XIX, con la introducción del carbón como fuente principal de energía para calderas y máquinas de vapor, fueron esenciales para la industrialización. Esto impulsó el crecimiento de ciudades y la demanda de energía, facilitando el desarrollo de la metalurgia y la industria textil. Las máquinas de vapor se integraron en el ámbito doméstico, como las calderas de vapor en Nueva York, conocidas por el humo blanco de chimeneas y alcantarillas.

La era del carbón continuó hasta la llegada del gas natural y el petróleo a finales del siglo XIX y principios del XX, que mejoraron la generación y distribución de energía. Las calderas de carbón presentaban problemas en la instalación debido a la necesidad de transportar agua caliente a altas temperaturas, lo que llevó a la adopción de calderas de gas y gasóleo. Birdsill Holly estableció en 1877 el primer sistema de «district heating» en Lockport, Nueva York, que se convirtió en un modelo para futuras instalaciones de calefacción distrital para un correcto funcionamiento y las variaciones que se disponen ante la modificación de los puntos base.

### [2.2.3] SEGUNDA GENERACIÓN

A mediados del siglo XX, la electricidad generada por el petróleo y el gas natural transformó la vida urbana y doméstica. La expansión de las redes eléctricas permitió la introducción de electrodomésticos, mejorando la calidad de vida y la productividad. Las centrales eléctricas crecieron y se modernizaron, impulsando la construcción de rascacielos y sistemas de transporte público eléctrico, como metros y tranvías.

En países fríos, se expandieron las redes de calefacción urbana y se introdujeron sistemas de cogeneración, combinando calor y electricidad para mejorar la eficiencia y reducir emisiones. En Hamburgo, se utilizó el calor residual de las centrales eléctricas para calefacción urbana. Las centrales se ubicaban en zonas urbanas, pero tras la Segunda Guerra Mundial, muchas se trasladaron a las afueras, como la central CPCU en París.

La crisis energética de 1973, causada por el aumento del precio del petróleo, llevó a la búsqueda de nuevas fuentes de energía y medidas de eficiencia. En Escandinavia, la dependencia del petróleo provocó la vuelta a sistemas antiguos y el gas natural se adoptó como alternativa. Este periodo también marcó el surgimiento de la cogeneración, mejorando la eficiencia energética al producir calor y electricidad conjuntamente.

## COMPARATIVA DE CENTRALES TÉRMICAS

SISTEMA	FUENTES DE ENERGÍA	METODO DE ABASTECIMIENTO	DISTANCIA ENTRE TUBERIAS (Km)	FLUIDO DE LAS TUBERIAS	USO DE LOS EDIFICIOS A ABASTECER	MATERIAL DE ABASTECIMIENTO	MAQUINAS RECEPTORAS	Nº DE EDIFICIOS ABASTECIDOS
Termas, Pompeya,	Combustión Leña	Hipocausto (Calefacción por suelo radiante)	-	Agua Caliente	Residencial Institucional	Cerámica	Suelo	1 Viv. n Institución
Avernia, Francia	Geotermia	Tuberías de Agua Caliente	0,5 km	Agua Caliente	Residencial	Madera	Vivienda	30 Viv.
Lockport, New York	Vapor de agua Carbón	Tuberías de vapor	-4,8 km	Vapor	Residencial Industrial	Hierro fundido	Caldens Radiadores	De 14 Viv. a fabricas
Elbe-Werk Hamburg, Alemania	Carbón Gas Natural	Aprovechamiento de vapor residual	-10 km	Vapor	Residencial Comercial Industrial Institucional	Hierro fundido Acero	Caldens	-100 Edif.
CPCU, París, Francia	Biomasa Gas Natural Residuos Urb	Calefacción urbana	-100 km	Agua Caliente	Residencial Comercial Institucional	Poliuretano reticulado, PEX Acero	Intercambiador de calor	-5000 Edif.
Amager Bakke, Dinamarca	Residuos Urb	Calefacción urbana	50 km	Agua Caliente	Residencial Comercial Industrial Institucional	Poliuretano reticulado, PEX Acero	Caldens	-2000 Edif.
Värtaverket, Estocolmo, Suecia	Biomasa Residuos Urb Carbón	Calefacción urbana	150 km	Agua Caliente	Residencial Comercial Institucional	Poliuretano reticulado, PEX Acero	Caldens	-300 Edif.
J-Power Hitachinaka, Japón	Gas Natural Carbón	Calefacción urbana	20 km	Agua Caliente Vapor	Residencial Comercial Industrial Institucional	Hierro fundido Acero	Intercambiador de calor	-300,000 Edif.

Figura 2.2.3.a Tabla de descripción de las distintas centrales

## COMPARATIVA DE SISTEMA DE REFRIGERACION

SISTEMA	FUENTES DE ENERGÍA	METODO DE ABASTECIMIENTO	DISTANCIA ENTRE TUBERIAS (Km)	FLUIDO DE LAS TUBERIAS	USO DE LOS EDIFICIOS A ABASTECER	MATERIAL DE ABASTECIMIENTO	MAQUINAS RECEPTORAS	Nº DE EDIFICIOS ABASTECIDOS
CPCU, París, Francia	Absorción Compresión	Tuberías de Agua Fría	1,200 Km	Agua Fría	Residencial Comercial Institucional	Poliuretano reticulado, PEX Acero	Bomba de refrigeración	100 km
Amager Bakke, Dinamarca	Absorción Compresión	Tuberías de Agua Fría	50 Km	Agua Fría	Residencial Comercial Institucional	Poliuretano reticulado, PEX Acero	Intercambiador de calor	50 km
Värtaverket, Estocolmo, Suecia	Absorción Compresión	Tuberías de Agua Fría	300 Km	Agua Fría	Residencial Comercial Institucional	Poliuretano reticulado, PEX Acero	Aire Acondicionado	150 km
J-Power Hitachinaka, Japón	Absorción Compresión	Tuberías de Agua Fría	600 Km	Agua Fría	Residencial Comercial Institucional	Hierro fundido Acero	Intercambiador de calor	20 km

Figura 2.2.3b. Tabla de descripción de las distintas centrales

## [2.2.4] TERCERA GENERACIÓN

Con el resurgir de las redes de “district heating”, DH, y con la creciente demanda por el aumento de cargas térmicas en los edificios de sector terciario, como las oficinas, hospitales y universidades, surgen las “district coolings”, DC, principalmente para distribuir la energía a instituciones con variedad de edificios. Amager, en Dinamarca, es un ejemplo notable de la tercera generación de redes distritales, utilizando como fuente principal la biomasa.

En 2003, la demanda de calefacción y refrigeración eran responsables del 50% de energía útil de la Unión Europea. El gráfico muestra la contribución de calor, por las redes de DH por países de la unión europea dentro de la demanda total de calor y electricidad del año 2001, es usada por más de 5000 sistemas y suministra el 9% de la energía útil. Por otro lado, la contribución del frío al mercado a través del aire acondicionado es del 2% de energía.

En 2008 con la crisis económica mundial, se vio afectado el sector constructivo que había tenido un elevado crecimiento económico, lo que provoca una demanda energética y caída de los precios de los combustibles fósiles, con ello la sostenibilidad y medidas de las energías en búsqueda del desarrollo e innovación del estudio de las renovables. En la actualidad el gas natural es una de las

fuentes más importantes en nuestro país, a medida que aumenta la demanda, debido a la crisis sanitaria por el COVID, así como la guerra de Ucrania, han producido una fuerte demanda del petróleo por lo que las fuentes principales se están viendo en peligro de exportación, siendo España, uno de los países de combustibles fósiles con mayor dependencia de estas. La integración de sistemas de almacenamiento permite una mayor flexibilidad y estabilidad en el suministro energético.

### [2.2.5] CUARTA GENERACIÓN

La cuarta generación de redes, 4GDH (Fourth Generation District Heating), representa un avance significativo hacia sistemas de energías sostenibles. Esta generación integra redes térmicas inteligentes en sistemas energéticos futuros, combinando electricidad, gas y redes térmicas. Se basa en el uso de energías renovables como la solar y la geotérmica, así como en la recuperación de calor residual y la integración de fuentes de energía fluctuantes.

La 4GDH se diseñan para ser altamente eficientes con temperaturas de distribución bajas, minimizando las pérdidas de calor. Además, se centran en la flexibilidad y la integración de almacenamiento a corto y largo plazo. Son importantes para cumplir los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética, adaptándose a la demanda de calor en los edificios nuevos o renovados. En Japón, Jpower a través del gas natural abastece una red de calefacción y refrigeración a varios edificios residenciales y comerciales. La mejora de la tecnología como bombas de calor, paneles solares térmicos y almacenamiento estacional para el calor son factores claves de esta etapa. Las redes de calefacción urbana permiten una distribución más eficiente del calor, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y en búsque-

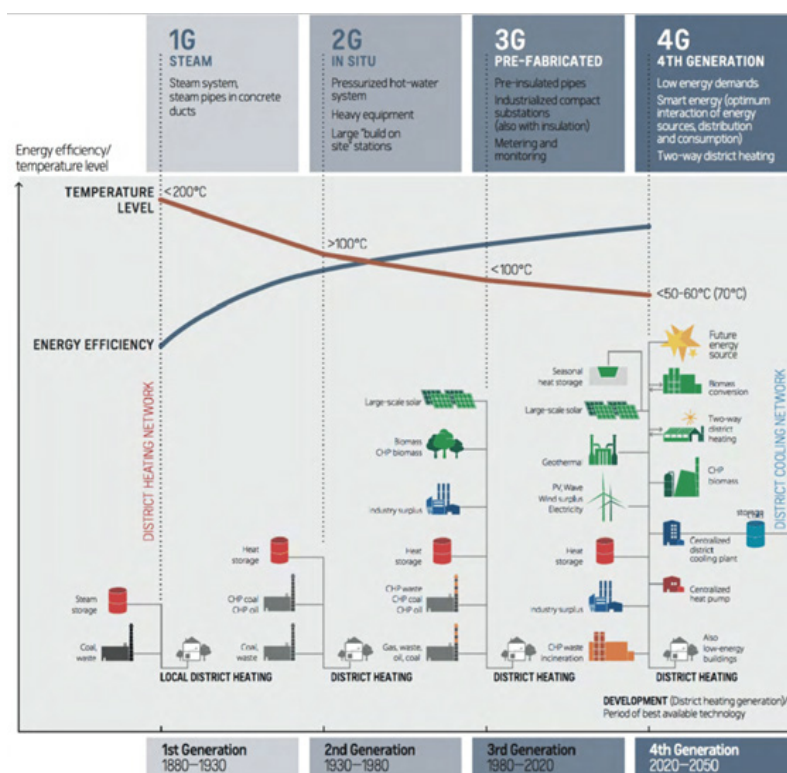


Figura 2.2.4. Ilustración del concepto de DH, en comparación con las tres anteriores.

Fuente: 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/10.1016/j.energy.2014.02.089>

da de la mejora energética. En la UE, el uso de redes de calefacción ha reducido las emisiones en un 20% y ha aumentado la eficiencia de un 30%. En Copenhague, la planta de Amager ha logrado reducir hasta un 70% al utilizar la recuperación de los residuos sólidos urbanos como fuente principal.

### [2.3] MARCO TEÓRICO

Para poder trazar las redes primero hay que comprender y analizar cada una de sus partes. La forma de cuantificarla, con el caudal y las temperaturas, la variedad de usos va a crear una repartición homogénea con la especificación de las diversas demandas de la instalación técnica del edificio.

Para trazar las redes, es esencial comprender y analizar cada componente. El sistema consiste en tuberías que conectan fuentes energéticas con puntos de consumo de frío y/o calor. Los principales elementos son:

- Centrales térmicas: Producen calor y/o frío utilizando cogeneración, calores residuales, renovables o nuevas tecnologías eficientes.
- Red de tuberías de distribución: Distribuyen fluidos aislados, pasando del vapor al agua, y de un tubo a varios. Las redes de calefacción transfieren calor al punto de consumo, mientras que las de refrigeración tienen una red de retorno, adaptándose al trazado urbano.

La forma de cuantificarla es el planeamiento de la instalación, considerando la complejidad legal, social y urbana. Para llegar al usuario, se necesita una transferencia de sistema a través de subestaciones, que regulan, miden y controlan el funcionamiento.

Es necesario tener en cuenta diferentes configuraciones y capacidades:

- Demanda regional: Según el uso de la red (calefacción, agua caliente sanitaria, refrigeración).

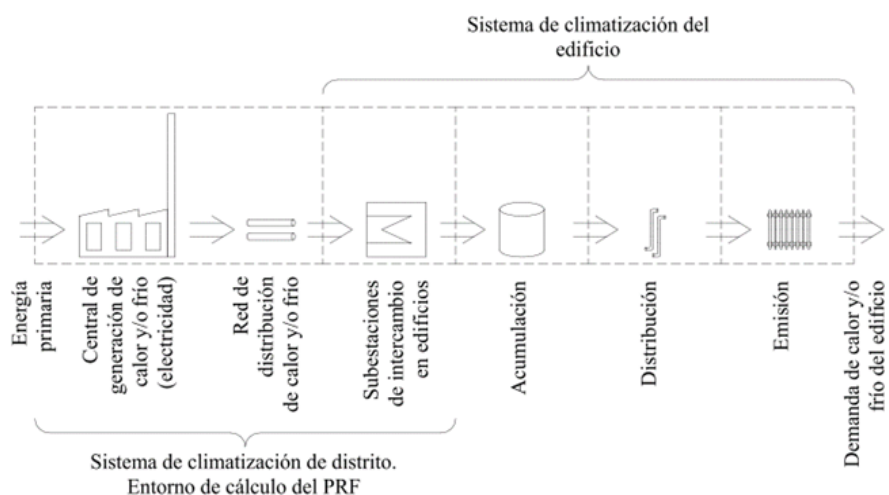


Figura 2.3. Esquema de las partes que componen un sistema de climatización de distrito.

Fuente: EN 15316-4-5 (CEN, 2007). Traducción propia.

- Geometría de la red: Adaptada a ciudades compactas o dispersas, con diferentes trazados y composición de tubos.
- Variedad en puntos de consumo: Diferenciando entre usos residenciales, públicos, administrativos, comerciales, industriales y hospitalarios.
- Cuantificación: Con caudal y temperaturas, la variedad de usos determina una repartición homogénea de las demandas de la instalación técnica del edificio.

### [2.3.1] PRODUCCIÓN

Las centrales de producción energética son esenciales para la calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) en el entorno urbano. Producen energía quemando combustibles como gas natural, residuos orgánicos y forestales. Las redes de distrito aprovechan la energía local que de otro modo se desperdiciaría, especialmente en sistemas de cogeneración y trigeneración.

En los últimos años, en el marco europeo se ha demostrado que las pérdidas de energía primaria son significativas, con hasta un 60% de la energía total perdida en transformaciones, distribución y transporte. Solo el 40% llega como energía útil al consumidor final. Esto se refleja en los gráficos 1, donde la primera columna muestra la energía primaria, la segunda columna muestra la energía a distribuir para el consumo, con un 25% de pérdida, la cuarta columna muestra la energía útil, quedando un 70% de pérdidas.

Las mayores pérdidas se producen en los sectores eléctrico y de generación de calor, como se muestra en el gráfico 2. La generación energética distribuida, que incluye redes distritales y cogeneración, recupera el calor perdido, aumentando la eficiencia. Por eso, países como Dinamarca, Finlandia y Letonia tie-

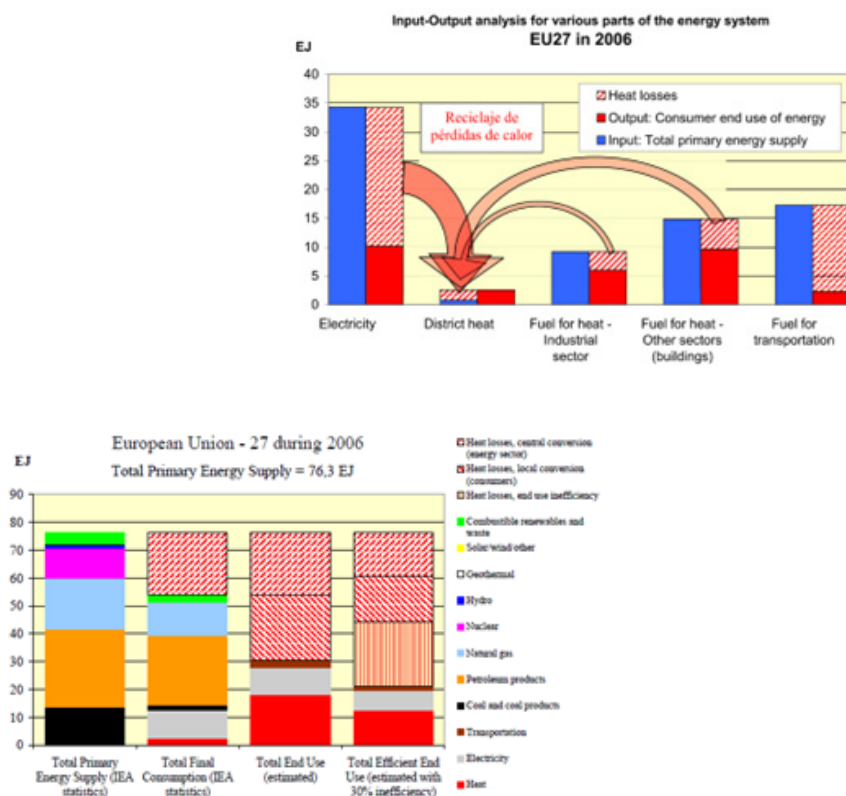


Figura 2.3.1a. Análisis input-output de algunas partes del sistema energético de la UE27 en 2006. Fuente: Werner, 2009.

Figura 2.3.1b. Energía primaria suministrada al sistema, energía final consumida y energía final usada en los países de la UE27 en el año 2006 en exajulios (EJ=1018 J). Fuente: Werner, 2009.

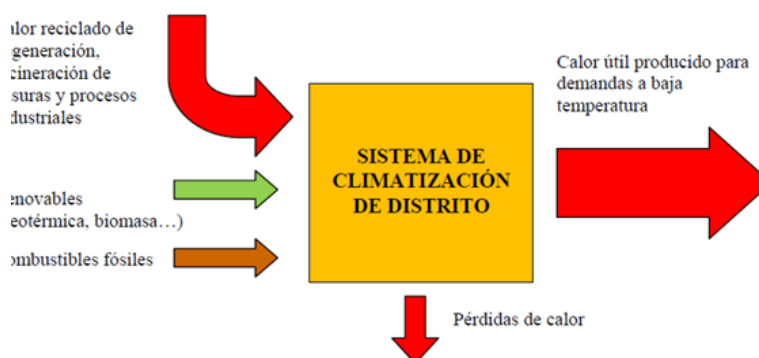


Figura 2.3.1c. Esquema de relación entre las dos capas del sistema

En altos porcentajes de producción energética eficiente mediante cogeneración, aprovechando el calor residual.

Para mejorar la eficiencia, se utilizan elementos auxiliares como grupos de bombeo, vasos de expansión, equipos de tratamiento de agua y depuradoras de humos.

### [2.3.2] DISTRIBUCIÓN

Para transportar agua se necesitan conductos de impulsión y retorno, con las siguientes formas de trazado:

- **Trazado ramificado:** Conecta cada parcela a una red principal, similar a una espina de pescado. Es sencillo pero difícil de ampliar.
- **Trazado en malla:** Redes principales conectadas que permiten continuidad y redundancia en caso de avería, aunque es más costoso.
- **Red en anillo:** Combina los dos anteriores, conectándose de nuevo a la central térmica.

La efectividad depende de la forma de ramificación y la materialización de las redes, clasificadas por circuito, número de conductos, fluido transportado y material:

- **Conductos:** Dos, tres o cuatro tubos según la función. Dos tubos para transportar y retornar agua, tres tubos para agua fría y caliente con retorno, y cuatro tubos para retornos separados de agua fría y caliente.
- **Fluidos caloportadores:** Agua calentada a bajas temperaturas (100°C–110°C), sobrecalentada (130°C–220°C) o vapor para mejor rendimiento térmico. El aislamiento, es crucial para minimizar pérdidas de calor, utilizando acero negro preinstalado o plásticos como PEX.

Accesorios incluyen codos, válvulas de regulación, by-pass, reguladores, drenajes y soportes. Los compensadores evitan roturas por dilatación y contracción, y los detectores de fugas informan de pérdidas. Los sistemas de regulación ajustan el caudal y la temperatura, con configuraciones de bombeo centralizado, primario-secundario o distribuido para evitar sobrecargas

### [2.3.3] SUBESTACIONES

La acometida y las subestaciones que llegan a los clientes es donde finaliza el recorrido de la red. Las acometidas son las tuberías hasta dónde llega la red de distribución en la que se debe instalar un sistema de contadores de energía térmica para cada cliente. Mientras que las subestaciones regulan la presión y controlan la temperatura para el consumo, garantizando la eficiencia del sistema, algunas disponen de equipos de intercambio o almacenaje y se dividen según el tipo de conexión directa o indirecta, en la que se instala un intercambiador de calor para la diferenciación de la red.

### [2.3.4] USUARIOS

Los puntos de consumo varían según los usos, los sectores a abastecer como residencial y comercial, son los que abastecen a las viviendas, en las que el consumo y recuento es mucho más eficiente cuando es a nivel comunitario, puesto que se estudia el consumo por unidad de suelo. Sectores terciarios, donde se encuentran edificios públicos y privados, mientras que el industrial, genera elevadas temperaturas para la producción de frío y calor.

## [2.4] CENTRALES TÉRMICAS MADRILEÑAS

Abordamos el caso de estudio a través de tres centrales térmicas que se encuentran dentro de nuestra localidad y caso de estudio, su ejemplificación y análisis permite analizar e investigar la viabilidad de las redes respecto a distintos parámetros.

### [2.4.1] CENTRAL TÉRMICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA: Producción.

En cuanto a la Central de Ciudad Universitaria, es una propuesta de gran interés arquitectónico, toman de ejemplo instalaciones novedosas en el campo tecnológico. El edificio realizado por Manuel Sánchez Arcas, referenciado por los campus universitarios americanos, que adoptaban sistemas energéticos centralizados. En el diseño colaboró Eduardo Torroja, ambos recibieron el reconocimiento del premio nacional de arquitectura en el año,1932, año de su construcción.

Consistía en dos prismas rectangulares en forma de “L” y cada volumen albergaría un tipo de producción de calderas distintos. En uno se coloca la caldera tipo Borsig, desarrolla verticalmente y en el otro espacio se encuentran un par de calderas tipo Velox. Ambas conclusiones en una chimenea común para las instalaciones y cuya representación tanto técnica, como diseño concluían en una obra de autentico carácter vanguardista. Este elemento significativo, el destornillador se encarga de eliminar las cenizas que proviene de los gases de salida de la caldera.

La idea era producir vapor por un sistema de red de tuberías que llegaban hasta los edificios repartidos por el campus mediante intercambiadoras que transformaban el vapor en calefacción agua caliente sanitaria. De primera mano, se optó por un sistema de calefacción eléctrica, así como de vapor, pero por su elevado coste, bajo rendimiento y su complejidad se descartaron estos sistemas. Se optó por la producción de carbón y gasóleo hasta que el edificio se vio destruido a causa de la guerra civil. En 1943 en el año de su reconstrucción se siguió su abastecimiento de fuentes de petróleo y carbón, concluyendo en el gas natural que otorga en la actualidad. Su red se compone en tres ramales que conectaban la central térmica con las subestaciones, que finalizaban en intercambiadores de calor en las facultades. La red se trazó de manera que pudiera ser ampliada en el futuro

Por último, concluir que esta central se ha considerado bien de interés cultural y premio nacional de arquitectura

*Fig 2.2.1a.. Central térmica de Orcasitas. Red de distribución.*



*Fig 2.2.1b.. Chimenea que expulsaba los gases de la sala de calderas.*



*Fuente: Cantoral Hidalgo, Miguel. La ciudad y el viento. Escuela renovable y la central térmica de Ciudad Universitaria. Trabajo de fin de grado, Madrid, 2012, 61 pág.*

### [2.4.2] CENTRAL TÉRMICA DE ORCASITAS: Simbólico.

La central Térmica de Orcasitas, ubicada en el distrito de Usera en Madrid, es un referente en cuanto a producción de energía térmica a nivel local.

Esta central térmica, operada en 1984 por el instituto de la vivienda de Madrid, ha sido reconocida por su enfoque innovador en el autoabastecimiento energético del barrio y le reconocimiento por distintas instituciones como modelo de autogestión de energía sostenible. Se caracteriza por su capacidad para generar calefacción y agua caliente sanitaria para 2300 viviendas.

Otro de los aspectos más destacados de la central térmica de Orcasitas es su contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, actualmente dispone de tres calderas de Viessman que alimentan de gas natural y gasóleo a los alrededores de la meseta, con un sistema de circuitos que abastece a seis manzanas, con 6 circuitos de impulsión y retorno. Es una de las mejores instalaciones térmicas a nivel nacional

Otro aspecto a tener en cuenta es el papel de desarrollo económico y social del barrio. Al proporcionar calefacción y agua caliente a los vecinos de forma eficiente y sostenible, mejora su calidad de vida y reduce el coste de la energía. además, al generar empleo localmente y promover la participación comunitaria en la gestión energética, fortalece al tejido social y contribuye al desarrollo de economía local.

En resumen, la central Térmica de Orcasitas es un ejemplo de cómo la innovación y compromiso ciudadano pueden transformar la producción energética a nivel local. Su carácter de autoabastecimiento energético y la integración en el tejido social y económico del barrio la convierten en un modelo a seguir para la transición hacia un sistema energético más sostenible y resiliente.

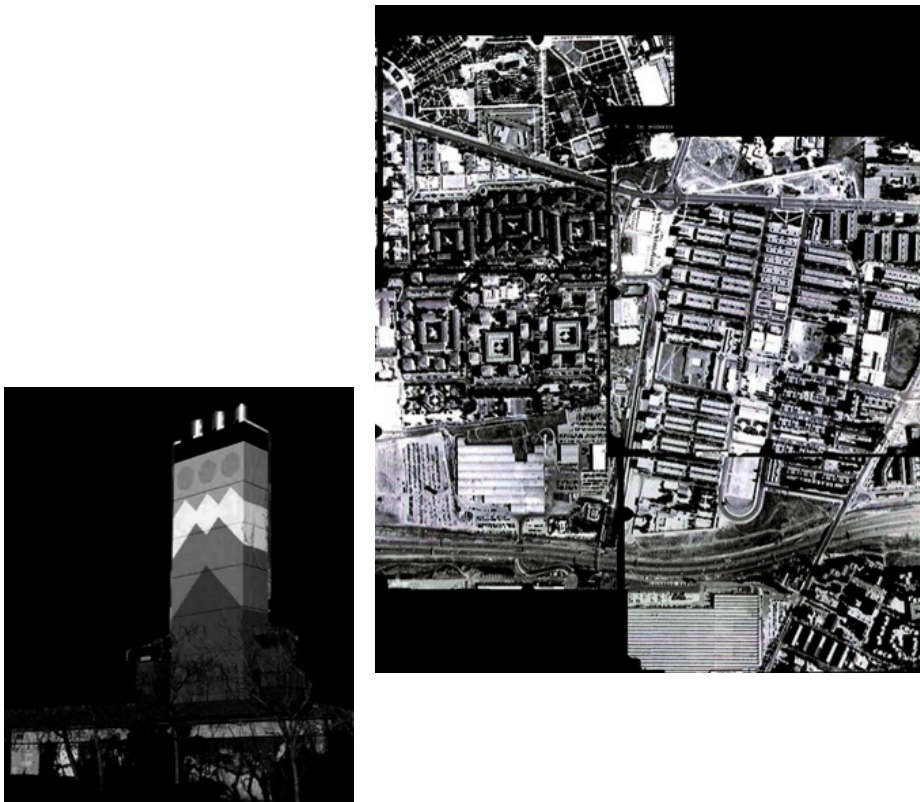


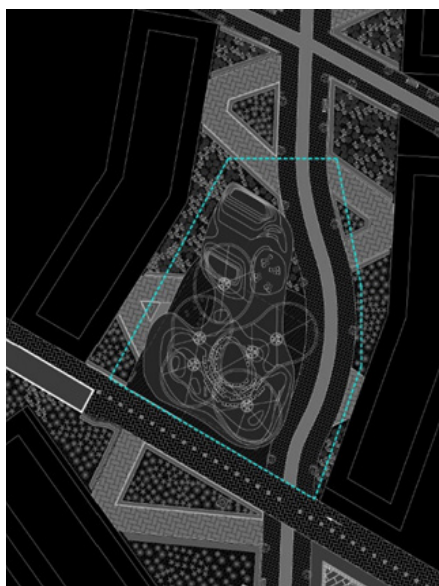
Figura 2.4.2a. Esquema de los componentes del sistema desarrollados por Holstov

### [2.4.3] ECOCHIMENEAS DE VALLECAS; Plan urbano.

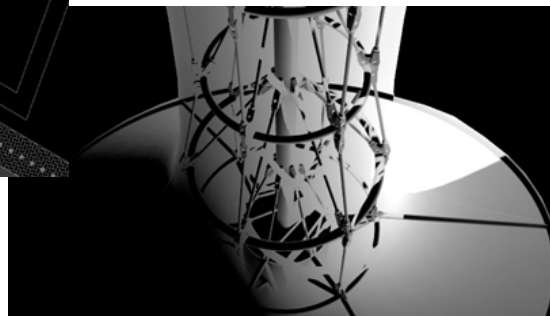
Las Ecochimeneas de Vallecas, en San Diego, es un proyecto arquitectónico industrial, realizado por Soriano y Asociados, en 2010, que conforman un gran espacio público, basado en los principios de sostenibilidad ambiental, social y económica en el diseño y desarrollo de las centrales de producción de energía mediante la cogeneración a través de pilas de hidrógeno, que generan energía térmica y eléctrica a partir de un combustible, gas natural y un carburante, como el aire. Las pilas presentan una mayor eficiencia y una característica particular es la reducción de ruidos. La zona integra chimeneas de ingeniería textil de 38 metros de altura y 30 cm de diámetro y además un punto de recogida para la recogida de residuos sólidos urbanos, que forman parte del paisaje urbano. Funcionan a través de 4 calderas de condensación que abastecen a las 1200 viviendas, junto a ella se encuentran las bombas que envían agua a través de 6 circuitos bajo tierra que alcanza hasta los 2,6km, dejando disponibilidad para inmuebles que no se hayan podido conectar. Este Eco barrio se distingue por su enfoque en la eficiencia energética, la gestión de residuos, movilidad sostenible y la integración de espacios verdes y áreas naturales en su diseño. “Es más económico que una instalación individual, ya que supone un 50% en el consumo. Aquí se da calefacción y agua caliente sanitaria 24 horas al día y 365 días al año, aunque para el agua también se usan energía renovable, a través de paneles solares y aeroterminia” subraya Ignacio González, jefe de posventa en EMVS. Concluyendo con el Eco barrio de Vallecas, por su implementación de tecnologías y prácticas innovadoras para reducir el consumo de energía y minimizar su impacto ambiental

Fig 2.4.3a.. Planta de situación de las Ecochimeneas

Fig 2.4.3a.. Representación de Ecochimenea, materialidad y usos



González, Rodríguez, Sergio. Aqualignum.. «Caracterización experimental de seres higromorficos». Trabajo de fin de grado , Madrid, 2021, pag.102



### [2.5] GENERACIÓN DE ENERGÍA

Hemos mencionado previamente, el marco europeo respecto del año 2006, ahora vamos a hablar del estado actual. En Europa el 40% de la producción energética proviene de fuentes renovables, esto supone un gran cambio en la última década. La producción de energía primaria a base de combustibles fósiles se ha reducido, al igual que la del gas natural, mientras que el consumo final de energías renovables ha aumentado un 11,8% respecto de su 5,3% en 1990.

En España, se da el caso que dependemos de un 70% de las energías procedentes de importaciones, mayormente las equivalentes al petróleo, que representan el 40% del consumo final energético español, seguido del gas natural, con el 25,5% del total. Eso no significa que en los últimos años hayamos obtenido un aumento respecto al uso de las renovables, alcanzando el 17%. La energía primaria que fue la principal fuente de demanda en el ámbito nacional fue el petróleo y sus derivados, ascendiendo a un valor de 39.193 ktep, lo que representa un 51,5 % del total nacional seguido por la electricidad con un 23,4 % y el gas natural con el 16,5 %.

Nuestro estudio se centra en un barrio de Madrid con alta densidad poblacional y actividad económica. En Madrid, la demanda de petróleo ha disminuido, mientras que el gas natural sigue en expansión por ser menos contaminante. La mayor parte de la energía se usa en transporte y consumo doméstico. La crisis del COVID-19 aumentó el consumo eléctrico en viviendas debido al teletrabajo y redujo el uso de petróleo por menos desplazamientos.

El uso de carbón en calderas ha disminuido un 94% en los últimos años. Los planes renove para sustituir calderas antiguas han impulsado la integración de energías limpias y renovables, mejorando la eficiencia.

Figura 1. Producción de energía primaria por combustible en la EU-27 (1990-2020) (Mtep). Fuente: Eurostat.

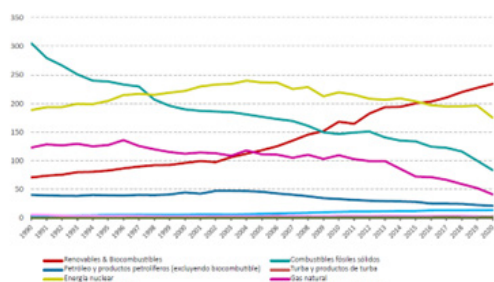


Figura 2.5a. Producción de energía primaria por combustible.

Figura 2. Producción de energía primaria por combustible en la EU-27 2020 (porcentaje sobre el total basado en las toneladas equivalentes de petróleo). Fuente: Eurostat.

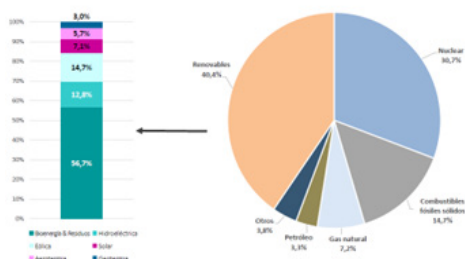


Figura 2.5a. Producción de energía primaria.

Fuente: Balance Energético—Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (s. f.). FENERCOM. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.fenercom.com/balance-energetico/>

Tabla 3. Evolución del consumo de energía final en España (ktep).

Evolución del consumo de energía final en España (ktep) (Usos no energéticos excluidos)									
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Carbón	2.045	2.012	1.493	1.355	1.253	1.524	1.394	1.064	795
Productos petrolíferos	46.499	53.694	47.028	40.677	42.148	43.387	44.315	44.372	39.193
Gas natural	11.819	17.653	14.347	13.139	13.445	13.486	14.271	14.212	14.151
Electricidad	16.205	20.827	21.049	19.952	19.993	20.559	20.504	20.166	19.159
Renovables y residuos	3.471	3.793	5.384	5.314	5.544	5.799	6.250	6.340	5.803
<b>TOTAL</b>	<b>80.039</b>	<b>97.980</b>	<b>89.301</b>	<b>80.437</b>	<b>82.383</b>	<b>84.754</b>	<b>86.734</b>	<b>86.153</b>	<b>79.102</b>

Fig 2.5c.. Evolución del consumo energía final en España.

Figura 7. Evolución del consumo de energía final en España (ktep). Fuente: FORO NUCLEAR.

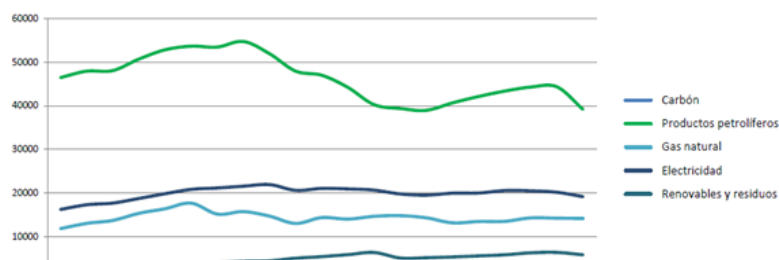


Fig 2.5d.. Evolución del consumo energía final en España.

El uso de carbón en calderas ha disminuido un 94% en los últimos años. Los planes renove para sustituir calderas antiguas han impulsado la integración de energías limpias y renovables, mejorando la eficiencia.

De la energía producida en Madrid, el 2,4% de la energía final consumida procede de recursos autóctonos. La mayor parte de la energía producida se otorga a la biomasa siendo la mitad del total de energía producida, luego la solar térmica con un 12,4% y tratamientos de residuos con un 11,5%. La creciente búsqueda de energías renovables y el actual enfrentamiento con las no renovables.

En Madrid encontramos formas de autoabastecimiento respecto a la energía eléctrica y la energía térmica. La electricidad es un vector energético que se genera por medios propios como los residuos domésticos, o por medios externos, como la cogeneración, siendo estos la principal fuente de producción. La cogeneración, de la misma manera, es la principal fuente de producción de la energía térmica, seguido por la biomasa y solar térmica.

Fig. 2.4.5a. Tablas de energías aplicables a la ciudad.

Fuente: Balance Energético—Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (s. f). FENERCOM. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.fenercom.com/balance-energetico/>

### [2.5.1] COGENERACIÓN

La cogeneración es una de las tecnologías más usadas para producir energía, permitiendo la generación simultánea de calor y electricidad. Aprovecha los calores residuales de los procesos de producción eléctrica, mejorando la eficiencia. El rendimiento de una planta eléctrica convencional se sitúa en un 30% de eficiencia energética, con un 60% de la energía liberada como calor a la atmósfera. La cogeneración aprovecha este calor residual para diversos usos, como agua caliente sanitaria, refrigeración y calefacción, canalizando el agua caliente y suministrándola a un consumidor. Por lo tanto, alcanza una mejora de la eficiencia energética con alrededor del 80%, desperdiciando solo el 10% en el proceso. Este sistema permite a los usuarios decidir si consumir la electricidad producida o venderla a la red eléctrica, y utilizar el calor residual para la calefacción, ACS y refrigeración, optimizando los recursos energéticos.

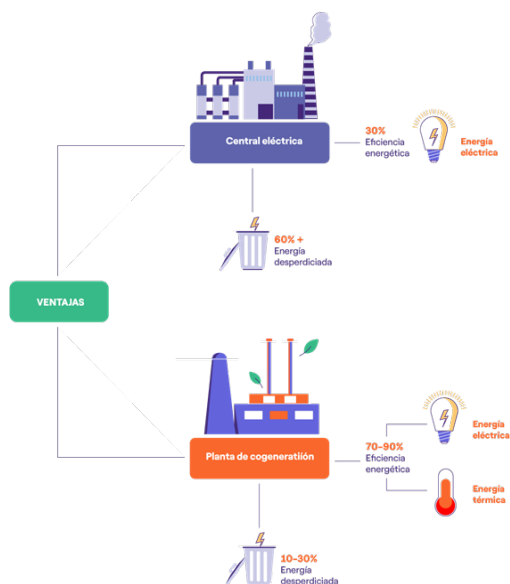


Fig 2.5.1. Representación de las pérdidas y eficiencias de la implantación de sistemas de cogeneración

Fuente: ¿Qué es la cogeneración de energía y cómo funciona? (s. f.). Enel X. Recuperado abril de 2024, de <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-are-cogeneration-systems>

En estas centrales se reparte de manera consolidada el frío y el calor, por lo que la demanda se repartirá en función del servicio. Un requisito para tener en cuenta será el buen rendimiento de la instalación, junto con el calor de la planta funcionando de forma continua, estable y semejante a la cantidad de calor restante de los procesos. Dadas sus características en tamaño, producción y uso, las redes urbanas de calor y frío son ideales para aplicar la cogeneración. En Europa, existen políticas energéticas, como la directiva 2021/27/UE, que promueven el aumento de plantas de cogeneración para mejorar la eficiencia energética global, proporcionando un ahorro del 10% en comparación con la producción separada de calor y electricidad; las unidades de menor escala y microgeneración proporcionan ahorro de la energía primaria.

En España, la cogeneración tiene gran potencial de mejora. En Madrid, en 2020, la capacidad instalada era de 244 MW, proveniente de combustibles no renovables. El Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Eficiencia Energética

fijó un objetivo de 8.400 MW instalados, estableciendo nuevas medidas para el fomento de la viabilidad y el desarrollo de nuevas instalaciones.

Tipos de cogeneración según la tecnología:

**Motor alternativo** de combustión interna: Convierte la energía del combustible en energía mecánica y luego en electricidad mediante un generador. Se recupera el calor del proceso de refrigeración, común en los sectores industriales o comerciales.

**Turbina de gas:** Expande un gas, comprimiéndolo y pasándolo a través de una turbina que genera aire comprimido mezclado con el combustible. La expansión de los gases mueve un alternador que genera electricidad.

**Turbina de vapor:** Usada con biomasa u otros combustibles. Similar a la turbina de gas, pero más comúnmente usada para la electricidad en centrales de ciclo combinado.

**Microturbinas:** Turbinas de menor tamaño. La principal diferencia entre las microturbinas y los motores está en la recuperación de calor residual; las turbinas presentan una fuente de calor, mientras que en los motores se puede aprovechar de los sistemas de refrigeración, adecuadas a nivel edificatorio.

**Pilas de combustible,** bombas de calor y sistemas ORC (Organic Rankine Cycle): Permiten el aprovechamiento de las fuentes de calor de baja temperatura y procesos residuales, produciendo energía eléctrica y calor.

### [2.5.2] TRIGENERACIÓN

La trigeneración es una variante de la cogeneración que utiliza el mismo principio para producir calor, frío y electricidad. En el caso de la refrigeración con cogeneración en redes urbanas, se usa una máquina de absorción que emplea la energía del calor para producir agua fría. Este sistema es particularmente eficiente en redes urbanas donde la demanda de refrigeración es elevada.

El aprovechamiento del calor residual de procesos industriales es una estrategia efectiva para la mejora de la eficiencia energética, recuperando el calor residual a través de los gases de escape, cuanto mayor la temperatura del calor residual, mayor es el potencial de recuperación energética. Por ejemplo, la futura red de distrito de la Marina en Barcelona, que recuperará frío mediante los evaporadores instalados en la planta de regasificación de GNL en el puerto de Barcelona.

### [2.5.3] BOMBAS DE CALOR

Las bombas de calor son dispositivos que utilizan electricidad para transferir calor de un sitio a otro, siendo muy eficientes para calefacción y refrigeración. Pueden extraer calor del aire, agua o tierra, y su eficiencia se mide en términos de coeficiente de rendimiento (COP), que puede ser de 3 a 4 veces más eficiente que los sistemas convencionales de calefacción.

Tipos de Bombas de Calor

**Aire-Aire:** Extraen calor del exterior y lo transfieren al interior del edificio. Son usadas para calefacción y refrigeración en edificios residenciales y comerciales.

**Aire-Agua:** Extraen calor del aire exterior y lo transfieren a agua, que se usa en sistemas de calefacción por radiadores o suelos radiantes. Son utilizadas para calefacción centralizada y producción de ACS en edificios e instalaciones industriales. **Geotérmicas:** Extraen calor del suelo mediante un sistema de tuberías enterradas que recogen el calor del subsuelo.

**Agua-Agua:** Utilizan agua subterránea o fuentes superficiales como medio de calor. Con buen acceso a estas fuentes, generan un sistema de alta eficacia.

Las bombas de calor son importantes por su alta eficiencia energética, con un COP que puede superar 4, siendo significativamente más eficientes que los sistemas de calefacción convencionales. Al usar energías renovables y electricidad, reducen significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>. Son versátiles, proporcionando tanto calefacción como refrigeración, y se adaptan a las necesidades estacionales de los sistemas distritales. Además, operan de manera sencilla y silenciosa, sin necesidad de combustión directa, mejorando la calidad del aire interior y exterior.

### [2.5.4] USO DE RENOVABLES

Las ciudades hoy se buscan de manera circular, esto quiere decir que lo entre la producción y el consumo se encuentren las menores pérdidas posibles y la vuelta al ciclo. Por ello la búsqueda de fuentes locales que perduren a largo plazo y que generen un modelo energético sostenible teniendo en cuenta los recursos principales y de autogeneración que presente cada localidad, tomando como ejemplo la tabla de Barragán Terrados Cepeda, en la que reflejan las limitaciones y disponibilidad de recursos según la ciudad. Elaborando una tabla propia conseguimos una correlación entre las energías existentes en las zonas de Madrid con el tipo de producción a generar para la red distrital. A su vez representa los sistemas de optimización y almacenaje.

**Tabla 1.** Energías renovables que pueden aplicarse en la ciudad

Subsistema	Energía	% de demanda	Ciudad
Biocarburentes	Combustible	93%	Tartu (Estonia)
Biomasa	Eléctrica Térmica	80%	Beijing (China)
Biogás (biodigestores)	Combustible	54,5%	Tartu (Estonia)
Biogás (rellenos sanitarios)	Eléctrico	6, 40%	Mexicali, Tijuana (México)
Incineración	Eléctrica Térmica	12%	Estocolmo (Suecia)
Mareomotriz	Eléctrica	---	San Luis (Brasil)
Pequeña eólica	Eléctrica	43%	Wageningen (Países Bajos)
Geotermla	Térmica	68.69%	Ludwigsburg (Alemania)
Pequeña hidroeléctrica	Eléctrica	100%	Beppú (Japón)
Solar fotovoltaica	Eléctrica	45%	Ostfildern (Alemania)
Solar térmica	Térmica	75%	Concepción (Chile)

Fig. 2.4.5a. Tablas de energías que puedan aplicarse en la ciudad

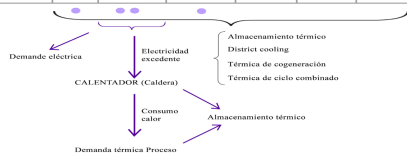
Fuente: EBarragán-Escandón, Zalamea-León, J. Terrados-Cepeda, y Parra-González. "Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica." *Bitácora Urbano Territorial*, vol. 29. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. doi:10.15446/bitácora.v29n2.65720.

Fuente: Barragán, Terrados-Cepeda y Zalamea-León (2017: 9-11).

Fig. 2.4.5b. Tablas de energías aplicables a la ciudad de Madrid según la fuente.

Fuente: Elaboración propia F: Balance Energético—Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (s. f.). FENERCOM. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.fenercom.com/balance-energetico/>

ENERGIAS	FUENTES RENOVABLES											Tratamiento de residuos		
	Eólica	Solar Fotovoltaica	Solar térmica	Geotérmica	Hidráulica	Biomasa Biomasa	Biogás	Biodigestores anaeróbicos	Biocombustible Biocarburentes	Bioetanol	Biodiesel	Incineración	Domésticos	Desgasificadores de vertederos
ELECTRICA	×	×		×	×	×	×			×	×	×	×	×
TERMICA			×	×		×				×	×			
COMBUSTIBLE								×	×			×	×	





### [3] ENERGÍAS Y CENTRALES DE PRODUCCIÓN EN ARGANZUELA, MADRID.

Para este capítulo vamos a desarrollar un caso de estudio para la integración de las redes distri-tales que se divide en el estudio del marco urbano estudiado los métodos de integración de estas redes y por otro lado el estudio de la generación de energías, principalmente renovables estudiando la integración y con el estudio de las mejoras energéticas. Por lo que vamos a analizar las redes con la mirada en la producción y eficiencia energéticas de las redes. Centraremos la mirada en la parte exterior, con las centrales y las redes de distribución y por otro lado las subestaciones de almacenamiento y la llegada a los usuarios, lo que se ubica en el parámetro interior, debido al uso privado, ya que en el interior el sistema es similar.

#### [3.1] CASO DE ESTUDIO: ARGANZUELA

Se ha elegido el barrio de Arganzuela por lazos familiares, participación vecinal y una localización central con altas temperaturas y densidad poblacional. Este barrio, situado al sur del Madrid histórico, está rodeado por Retiro al noroeste, Puente de Vallecas al este, Usera y Carabanchel al suroeste. Arganzuela es un área de desarrollo industrial constante, marcada por grandes infraestructuras como redes ferroviarias y carreteras.

La elección también se basa en su proximidad al centro de la ciudad, lo que lo convierte en un foco prominente para futuras rehabilitaciones. Es crucial estudiar formas de economizar y facilitar ayudas para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. Aunque es un espacio consolidado, su antigüedad y falta de mantenimiento son desafíos para abordar.

#### INFRAESTRUCTURA URBANA

Arganzuela cuenta con una densa red de infraestructuras que incluye importantes vías de comunicación y transporte. Históricamente, las conexiones ferroviarias con Aranjuez y Príncipe Pío han sido clave para su desarrollo. La red de carreteras también facilita la movilidad y conecta el distrito con otras partes de la ciudad y la región.

El Plan Castro de 1860, encargado por Carlos María de Castro, abordó la alta densidad poblacional y la falta de orden urbano en Madrid. Este plan creó una retícula de calles con edificios bajos para no privar de luz a las vecindades, y grandes espacios vacíos para mejorar la higiene y salubridad mediante la ventilación natural. Además, el diseño de las calles anchas (30m, 25m, 20m) y la inclusión de plazas, jardines y parques eran esenciales para la calidad de vida de los residentes.

## PATIO DE MANZANA

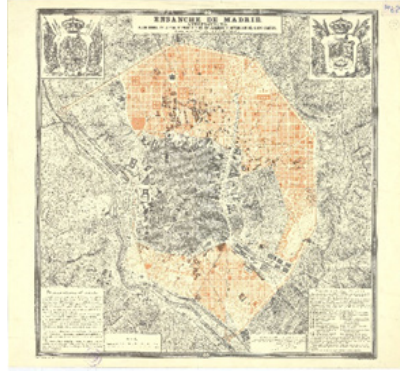


Tabla3.1a. Mapa del Plan Castro de Madrid, 1960

Fuente: Fuente: Carlos M<sup>o</sup> de Castro. (s. f.). Instituto de Estudios Madrileños. Recuperado 31 de mayo de 2024, de [https://xn--institutoestudiosmadrileos-4rc.es/portfolio\\_page/c-91-3-castro-carlos-ma-de/](https://xn--institutoestudiosmadrileos-4rc.es/portfolio_page/c-91-3-castro-carlos-ma-de/)

La configuración reticular del Plan Castro incluye patios de manzana con fachadas interiores ajardinadas y exteriores hacia la calle. Esta morfología permite la combinación de edificación y áreas verdes, proporcionando una correcta climatización y ventilación. Los patios de manzana ofrecen la oportunidad de integrar sistemas de climatización eficientes y sostenibles, aprovechando los espacios para mejorar la calidad del aire y la eficiencia energética de los edificios.

Actualmente, las ordenanzas han reducido el ancho de las calles, aumentando la altura de los edificios y la densidad de residentes en los patios de manzana. Estos patios, ahora en desuso, son cruciales para el desarrollo de equipamientos de climatización y mejoramiento del entorno urbano.

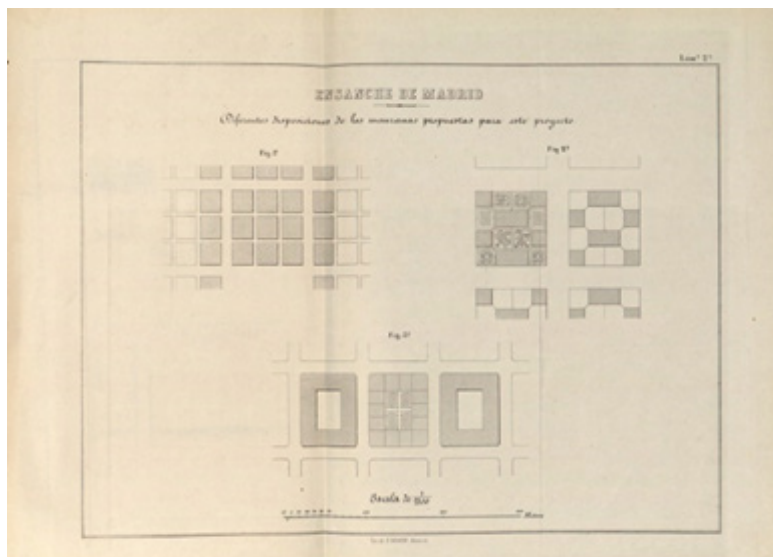
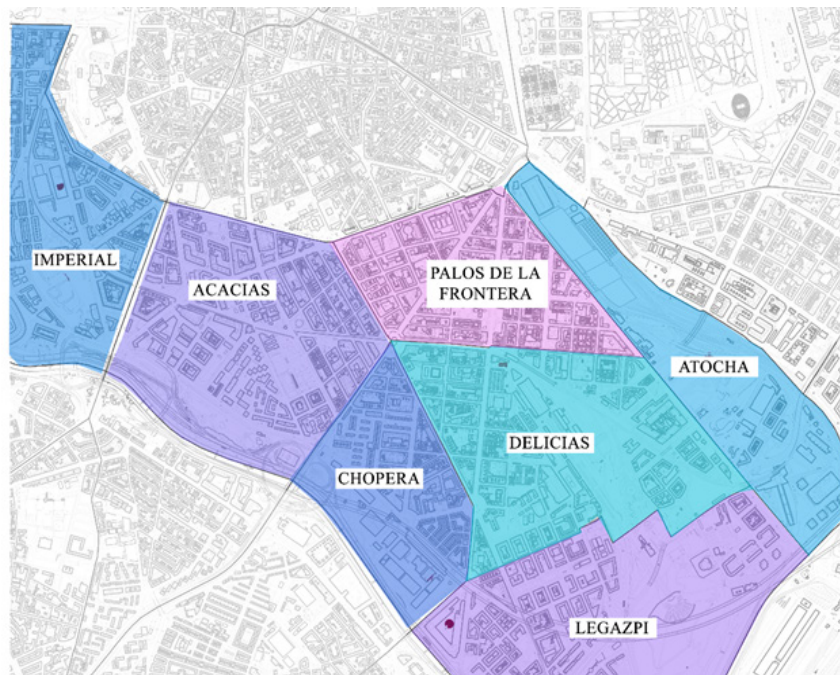


Tabla3.1b. Ensanche de Madrid. (2024). En Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ensanche\\_de\\_Madrid&oldid=158027608](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ensanche_de_Madrid&oldid=158027608)

- ANÁLISIS DE LA ZONA

Fig. 3.2c. Mapa de los distintos barrios que componen Arganzuela.

Fuente: Elaboración propia.



El barrio de Arganzuela, con una rica historia y un importante desarrollo industrial, ha sido seleccionado para este estudio debido a su alta densidad poblacional y su significativa actividad económica. La renta per cápita del PIB en Arganzuela es una de las más elevadas de Madrid. El distrito consta de siete barrios: Imperial, Acacias, Chopera, Legazpi, Delicias, Palos de la Frontera y Atocha.

Arganzuela es un motor económico con una notable contribución al PIB nacional. El uso del suelo en el distrito es variado, con zonas verdes, áreas en desuso, solares vacíos y patios de manzana. Estos espacios presentan oportunidades para integrar una central de energía que abastezca a gran parte del distrito.

### ***Infraestructura y Conectividad***

Arganzuela cuenta con un sistema de infraestructuras bien integrado con el resto de la ciudad, lo que ha configurado y conectado el distrito históricamente. Sin embargo, enfrenta problemas de transporte y contaminación ambiental. La necesidad de mejorar la recogida de residuos y las formas de reciclado es un desafío y una oportunidad para el desarrollo sostenible.

### ***Usos del Suelo y Edificaciones***

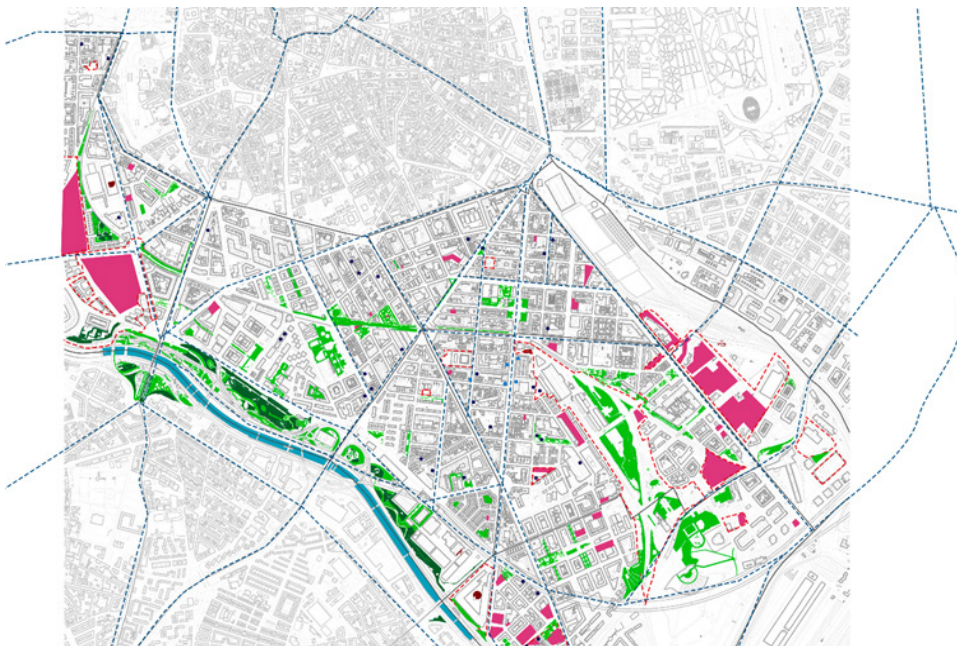
El distrito presenta una gran variedad de funciones en las edificaciones. Los bajos de los edificios suelen tener un uso comercial, mientras que los pisos superiores están destinados a viviendas. También se encuentran oficinas, industrias y, en su mayoría, residencias. Los patios de manzana, a menudo sin uso o utilizados como aparcamientos, representan una oportunidad para mejorar la eficiencia energética y la calidad de vida. En este punto tenemos en cuenta las zonas verdes

### ***Identidad y Participación Vecinal***

Arganzuela tiene una fuerte identidad de barrio, con una activa participación vecinal y social. Esta cohesión comunitaria crea un ambiente favorable para la implementación de proyectos de mejora. Sin embargo, la presencia de zonas sin uso genera problemas a nivel vecinal que requieren atención.

El barrio de Arganzuela, con su variada economía, infraestructuras y fuerte identidad comunitaria, presenta una excelente oportunidad para implementar sistemas de energía eficientes y sostenibles. La participación vecinal será clave para el éxito de estos proyectos, mejorando la calidad de vida y contribuyendo al desarrollo sostenible del distrito.

Se analiza la certificación energética, según los bloques de manzana, para obtener un consumo a nivel barrial según la tipología edificatoria y los metros cuadrados, justificación que obtendremos más adelante.



*Fig3.1d. ANÁLISIS DE USOS.*

*Fuente : Elaboración propia*

# GENERACIÓN DE ENERGÍA Y CENTRALES DE PRODUCCIÓN

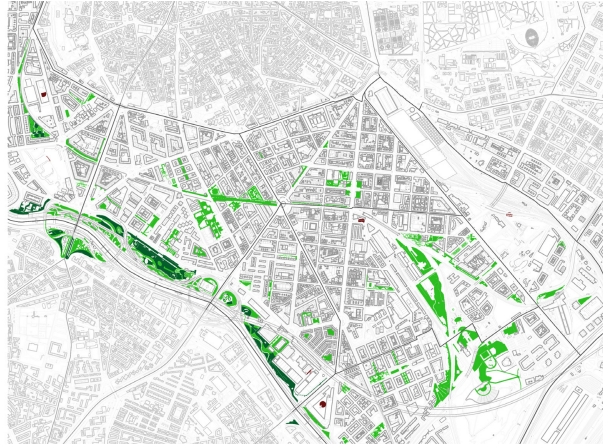


Fig3.1d1. Red de zonas verdes y patios de manzana

Fuente : Elaboración propia



Fig3.1d2. Red de Tipología edificatoria.

Fuente : Elaboración propia

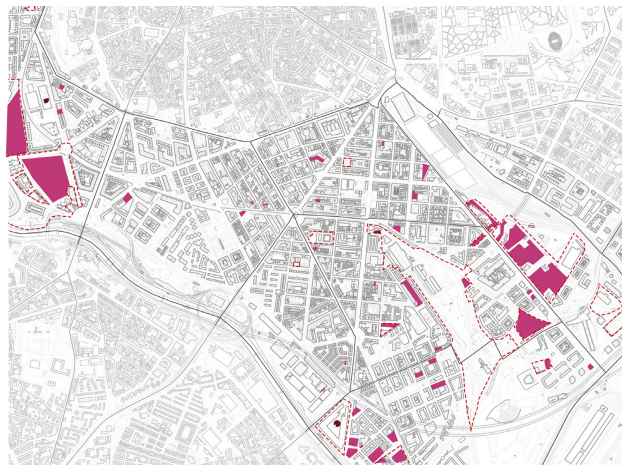


Fig3.1d3. Red suelo vacío, no consolidado.

Fuente : Elaboración propia

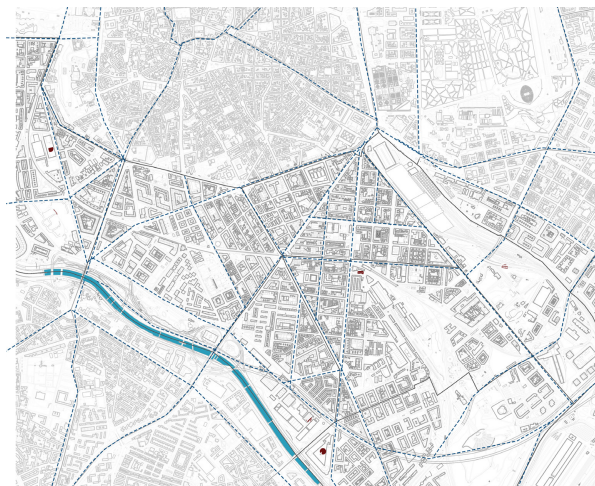


Fig3.1d4. Red de Infraestructuras

Fuente : Elaboración propia



Fig3.1d5. Certificación energético según el bloque edifico.

Fuente : Elaboración propia



## [3.2] COMPONENTES DEL SISTEMA

### [3.2.1] Ubicación de Central de Producción y Fuentes de Energías Renovables

Para determinar la ubicación óptima y las fuentes de energía que mejor se adapten a la central de producción en el barrio de Arganzuela, se deben considerar varios factores, como la disponibilidad de espacios, ya que requieren un terreno adecuado, preferiblemente en áreas industriales o terrenos no urbanizables. Según el CTE de aplicación será consolidada en las proximidades del edificio con las redes distritales de calefacción y refrigeración. Por ello la búsqueda de la disponibilidad del espacio, requiere un estudio previo del terreno, preferiblemente en áreas industriales o terrenos no urbanizables y que se encuentre próximo a las infraestructuras de la red de transporte, ya facilita la logística de construcción y operación.

Procedemos a hacer una selección de las posibles fuentes renovables integradas en el área.

#### *Energía Solar Térmica*

Producción de energía térmica y ACS. Es de las más usadas, es de orden de dominio público y hay muchas ayudas públicas para su implantación, estando requerido en el actual CTE. Se usan en su mayoría para el ACS tanto para residencias como industrias.

Su uso para la climatización, tenido muy encuentra el espacio requerido en techos y la orientación son factores para delimitar colectores solares.

Sistemas de paneleres fotovoltaicos que transforman la radiación solar directamente en electricidad mediante paneles solares. Un sistema de energía solar térmica en una azotea típica puede generar alrededor de 300-500 kWh/m<sup>2</sup>/año.

#### *Energía Solar Fotovoltaica*

Producción de energía eléctrica. Implementar paneles en entornos urbanos no solo consiste en las ayudas actual, también debemos tener en cuenta el espacio en el ámbito urbano, integración en techos, orientación, que no de sombra, barreras arquitectónicas, estética. Actualmente nos encontramos con la creciente expansión de este tipo de energías pasando de un 7,11 KW en el año 2020, a 88044KW en el año 2020. Presentan 1661 instalaciones dentro de nuestra comunidad. Los paneles fotovoltaicos son muy usados y de gran viabilidad por las altas radiaciones que presenta Madrid.

Para la energía fotovoltaica, la generación puede ser de aproximadamente 150-200 W. La combinación de ambos sistemas puede satisfacer una parte significativa de la demanda energética de los edificios

#### *Geotermia*

Producción de energía térmica y eléctrica. Funciona a través del calentamiento del agua que se almacena bajo tierra para calefacción y refrigeración mediante bombas de calor geotérmicas. Estas bombas pueden ser usadas en calefacción y refrigeración.

Para integrar la geotermia en Arganzuela, se podrían perforar pozos geotérmicos en terrenos públicos y privados. Estos pozos alimentarían bombas de ca-

lor que estarían conectadas a la red de manera continua. Aprovechamiento del calor del subsuelo, con sondas geotérmicas en parques o terrenos públicos

Las bombas de calor geotérmica típica puede proporcionar entre 3 y 10 kW térmicos por cada kW eléctrico consumido. Este sistema puede ser muy eficiente para satisfacer las demandas térmicas de los edificios, especialmente en zonas con alta densidad de uso.

### ***Biomasa***

Producción energía eléctrica y ACS. Procedentes de los restos residuales de la actividades forestales y agrarias, incluye astillas de madera, pellets o huesos de aceitunas, clareos. Los residuos se queman en calderas o se transforman en biogás mediante digestión anaeróbica.

La instalación de una planta de biomasa en Arganzuela podría ubicarse en áreas con fácil acceso a residuos orgánicos, como parques y jardines urbanos o domésticos. Es un modo de bioenergía, de fiable viabilidad y en general podría ser un buen medio para proveer para los países en vía de desarrollo. La planta suministraría calor y electricidad a la red distrital. Además, se podrían utilizar sistemas de cogeneración.

Las calderas de biomasa pueden tener una potencia que varía entre 50 kW y varios MW, dependiendo del tamaño de la instalación. Una planta de biomasa bien dimensionada puede cubrir una parte importante de la demanda térmica y eléctrica de la red distrital.

### ***Biocombustible***

Los biocombustibles se producen a partir de materiales orgánicos y pueden sustituir a los combustibles fósiles en motores y calderas. Los más comunes son el biodiésel y el bioetanol.

En Arganzuela, se podrían utilizar biocombustibles en calderas y generadores existentes, adaptándolos para el uso de estos combustibles. Esto facilitaría la transición hacia una energía más limpia sin necesidad de grandes cambios en las infraestructuras.

Las calderas y generadores que utilizan biocombustibles tienen potencias similares a sus equivalentes fósiles. La principal diferencia radica en la reducción de emisiones y el uso de recursos renovables.

### ***Tratamiento de Residuos***

Producción de combustión. El tratamiento de residuos incluye procesos como la incineración, la digestión anaeróbica y la gasificación, convirtiendo los residuos del distrito en energía. No se va a tener en cuenta, por su problemática al tener que ubicarse en áreas industriales, en medio de la zona urbana residencial. Los procesos se realizarían en la misma planta de tratamiento de residuos por lo que las emisiones de contaminante afectan directamente a la calidad del aire.

### ***Eólica***

Producción de energía eléctrica. En la configuración urbana toma un papel importante, provoca turbulencias y perturba la velocidad del viento que pasa a través de aerogeneradores, lo que evita pérdidas por la proximidad de carga. Pueden situarse cerca del suelo, aprovechando los movimientos naturales o artificiales y tiene un impacto medioambiental reducido. No es tan conocida esta tecnología por lo que la viabilidad es baja.

### ***Hidráulica***

Producción de energía eléctrica. Estas van acordes del tamaño de la infraestructura y del caudal a generar, pero en Madrid se encuentra con la problemática de no contar con grandes ríos para poder integrar, se podría ajustar a través del tratamiento de zonas con mayores potencias, pero aumenta en consideración los tamaños de redes.

Barrio	Biomasa	Energía Solar Térmica	Geoterminia
Imperial	Residuos del Parque Madrid Río	CDM Marqués de Samaranch	Subsuelo cerca del río Manzanares
Chopera	Residuos orgánicos de Matadero	Matadero Madrid	Sondas en terrenos adyacentes al río
Legazpi	Residuos de mercados y áreas verdes	Mercado de Legazpi	Instalaciones en terrenos públicos
Acacias	Residuos de parques y jardines	Centros culturales y edificios residenciales	Subsuelo en plazas y parques
Delicias	Residuos de la estación y áreas verdes	Estación y zonas cercanas	Sondas en terrenos industriales y parques
Palos de la Frontera	Residuos del museo y áreas verdes	Museo del Ferrocarril y edificios cercanos	Instalaciones en terrenos del museo
Atocha	Residuos de la estación y zonas verdes	Estación y edificios gubernamentales	Sondas en terrenos de la estación

*Tabla 3.2.1. Comparativa de Fuentes Renovables y Centrales de Producción en los Barrios de Arganzuela*

*Fuente: Elaboración propia*

### **[3.2.2] Red de distribución**

Cuando hablamos de la extensión de red, nos referimos a la red distribución de cada central cubrirá aproximadamente 1 a 10 km, dependiendo del barrio. En la red de distribución marcan el recorrido y formas de integración con las instalaciones existente, eligiendo de manera general, tipos conductos primarios y secundarios con los materiales adecuados para minimizar pérdidas. Siguiendo de ejemplo el proyecto de Teodrino López López (Ingeniero Industrial), para dar una hipótesis viable de red de distribución urbana de distribución urbana, DH ECO ENERGÍAS. Primero distinguimos la repartición de zonas a abastecer los 7 barrios del distrito y trazamos una red de tipo tubular ramificada con 3 diferenciaciones claras de recorrido de la red según los tipos de conductos

#### **- Tipos de Conductos**

Marcas como thermoflex o ALB permiten la integración de tuberías de calor o frío de las redes locales o de distrito, colocando con materia prima de alta calidad, tuberías plásticas flexibles y fiables, con alto aislamiento lo que minimiza las pérdidas energéticas. Las preasiladas ALB optimizan la viabilidad y al ahorro energético ya que se mengua las intervenciones de mantenimiento.

El diámetro de las tuberías se determinará en función del caudal y velocidad de circulación del agua, tras lo cual se comprobarán las presiones en los nudos de la red, se evaluarán las pérdidas de carga en el sistema y se efectuarán las correcciones precisas

Conductos primarios: Tuberías de diámetro (DN 400 mm) para transportar el fluido térmico desde la central las ramificaciones.

Conductos secundarios: Tuberías de menor diámetro (DN 150-300 mm) que distribuyen el fluido desde las redes principales a los intercambiadores de calor en los edificios.

Materiales: De acero preaislado para conductos primarios y secundarios para toda la distribución, siendo el interior de acero, con capa aislamiento y una capa protectora, ya que minimizan las pérdidas en la red, garantizando durabilidad y eficiencia térmica.

Temperaturas de impulsión: 105°C; temperaturas de retorno: 70°C

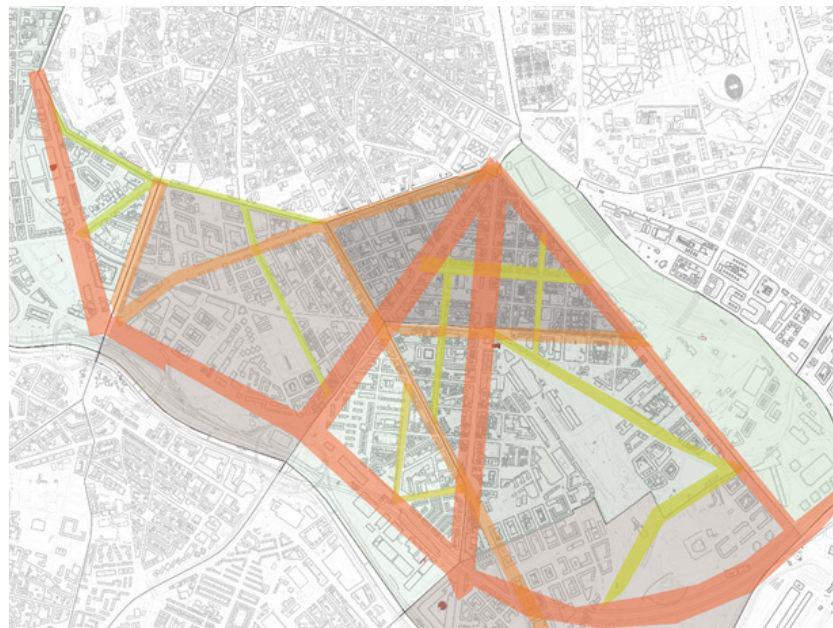


Fig.3.2.2. Dstribución de las tuberóas según el diámetro longuitud de redes. Siendo de

.De Naraja a amarilla (500mm-150mm)

Fuente : Elaboración propia

### [3.2.3] Intercambiadores de Calor

El funcionamiento y propósito de los intercambiadoras de calor, es que sirven en su mayoría para ACS y refrigeración, del aprovechamiento residual de otro fluido (biomasa). Son un conjunto de placas en formas metálicas con distintas formas que se apilan unas sobre otras. Uno que fluye con calor y otro frío. A través de dos canales. Que ceden frio y calor por las superficies metálicas sin contacto directo entre ellas, las juntas de estas placas aseguran su control y mantenimiento sin posibles mezclas.

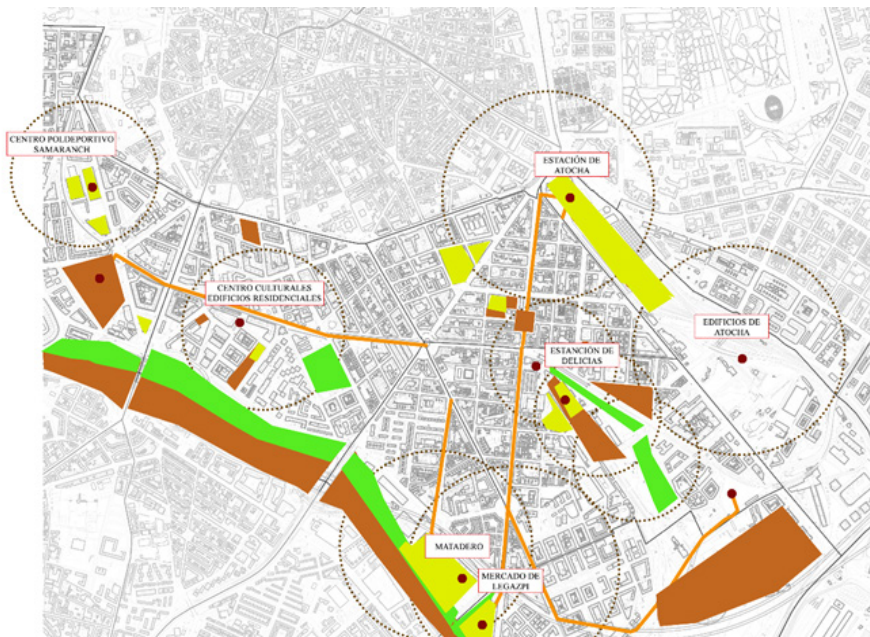
### [3.1.4] Usuarios, Tipología edificatoria

Residencial: La demanda está influenciada por el aislamiento térmico y la eficiencia de los sistemas de calefacción.

Comercial: La demanda se ve afectada por la iluminación, equipos eléctricos y necesidades de climatización.

Industrial: La demanda está determinada por los procesos productivos y el uso de maquinaria.Hospitalario: La demanda es alta debido a la necesidad constante de climatización y agua caliente sanitaria.

Fig 3.1.4b. Opciones de Fuentes Renovables y Centrales de Producción en los Barrios de Arganzuela



Fuente: Elaboración propia

Tabla3. Tabla de conjunto de recopilación de datos

Fuente : Elaboración propia

Datos	Imperial	Chopera	Legazpi	Acacias	Delicias	Palos de la Frontera	Atocha
<b>Ubicación de la Central de Producción</b>	Plaza de San Vicente	Matadero Madrid	Área industrial Plaza de Legazpi	Glorieta de Embajadores	Estación de Delicias	Cerca del Museo del Ferrocarril	Estación de Atocha
<b>Biomasa</b>	Residuos del Parque Madrid Río	Residuos orgánicos de Matadero	Residuos de mercados y áreas verdes	Residuos de parques y jardines	Residuos de la estación y áreas verdes	Residuos del museo y áreas verdes	Residuos de la estación y zonas verdes
<b>Energía Solar Térmica</b>	CDM Marqués de Samaranch	Matadero Madrid	Mercado de Legazpi	Centros culturales y edificios residenciales	Estación y zonas cercanas	Museo del Ferrocarril y edificios cercanos	Estación y edificios gubernamentales
<b>Geotermia</b>	Subsuelo cerca del río Manzanares	Sondas en terrenos adyacentes al río	Instalaciones en terrenos públicos	Subsuelo en plazas y parques	Sondas en terrenos industriales y parques	Instalaciones en terrenos del museo	Sondas en terrenos de la estación
<b>Extensión de la Red (km)</b>	2.5	3.0	3.5	3.0	2.8	2.2	3.8
<b>Tipos de Conductos Primarios</b>	Tuberías de acero preaislado DN400mm	Tuberías de acero preaislado	Tuberías de acero preaislado	Tuberías de acero preaislado	Tuberías de acero preaislado	Tuberías de acero preaislado	Tuberías de acero preaislado
<b>Tipos de Conductos Secundarios</b>	DN100-300 mm	DN100-300 mm	DN100-300 mm	DN100-300 mm	DN100-300 mm	DN100-300 mm	DN100-300 mm
<b>Intercambiadores</b>	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de placas
<b>Certificación energética</b>	C, D, B	E, F	E, F	E, F	E, F	E, F	E, F
<b>Residencial</b>	C, D, B	E, F	E, F	E, F	E, F	E, F	E, F
<b>Comercial</b>	D	C	D	D	D	D	C
<b>Industrial</b>	B		E		E		C
<b>Administrativo</b>	D, E	E, F	E, F	B, C, D	E, F	D, E, F	E, F

La creación de tablas detalladas es crucial para el éxito del proyecto de integración de redes distritales y fuentes de energía renovable en Arganzuela. Estas tablas ofrecen una visión clara y estructurada de los datos necesarios para la planificación y ejecución del proyecto.

**Visualización y Comparación de Datos.** Las tablas permiten organizar y presentar grandes volúmenes de información de manera comprensible. Por ejemplo, la tabla que compara las ubicaciones de las fuentes de energía renovable en diferentes barrios de Arganzuela facilita la visualización de qué recursos están disponibles y dónde pueden ser más efectivos. Esto ayuda a identificar rápidamente las áreas que presentan mayores oportunidades y desafíos.

**Toma de Decisiones Informadas.** Contar con datos estructurados en tabla permite a los tomadores de decisiones evaluar diferentes escenarios y alternativas con base en información concreta. Energía que ofrecen el mejor balance entre eficiencia y sostenibilidad.

**Justificación Técnica y Económica.** Las tablas proporcionan una base sólida para justificar las decisiones técnicas y económicas del proyecto. Al mostrar claramente los beneficios en términos de reducción de emisiones y eficiencia energética, las tablas ayudan a argumentar la viabilidad y los beneficios a largo plazo del proyecto ante financiadores, autoridades y la comunidad.

**Planificación Integrada de todas las partes.** La creación de tablas detalladas permite una planificación integrada que considera todos los aspectos del proyecto, desde la generación y distribución de energía hasta el impacto ambiental y social. Esto asegura que todas las variables relevantes se tengan en cuenta y se gestionen

de manera coordinada, mejorando la eficacia y la sostenibilidad del proyecto.

### [ 3.3] APLICACIÓN DEL SISTEMA

De manera detallada, tanto con fórmulas justificada como explicaciones escritas. Y cada uno a un escenario específicos de los barrios de Arganzuela. Se analiza el consumo energético y demandas específicas de cada manzana, bloque y vivienda, utilizando datos del catastro e informes oficiales. Para el cálculo vamos a distinguir los sistemas de red. Por un lado, la generación, con la distribución (que se sitúa al exterior de los bloques a tratar) y por otro lado, las subcentrales a integrar en los bloques de manzana (el espacio interior). Este enfoque permitirá una comparación eficaz entre los diferentes sistemas y su funcionamiento en contextos específicos.

Se aplica un primer acercamiento que consiste en analizar los datos de demanda energética de los certificados energéticos según los barrios, la disposición de recursos renovables.

Datos:

Geoportal de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios. (s. f.). Geoportal de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios. Recuperado 5 de mayo de 2024, de <https://edificioeficientes.gob.es/es/madrid-madrid/calle-torres-miranda/14>

Guía de Aplicación del DB HE 2019. Código Técnico de la Edificación, 2019, pp. 1-72. Disponible en línea: Guía de Aplicación del DB HE 2019.

Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> y Factores de Paso de Energía Primaria. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, 2020, pp. 1-15. Disponible en línea: Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> y Factores de Paso de Energía Primaria.

Euroheat & Power. “Ecoheatcool. Work package 3.” 2006.

Las ventajas que presentan estas redes es que son sistemas flexibles que permiten la integración o sustitución de las distintas fuentes, por lo que su potencial aumenta considerablemente, ya que generan energía térmica de forma que llega a los distintos usuarios demandantes.

Hay varios métodos de cálculo, según los datos tomados, a través de las certificaciones energéticas. De modo que conocemos los consumos finales en búsqueda de las energías primarias evaluando su eficiencia y justificando la reducción de emisiones. El otro modo sería estudiando tanto para ACS, como calefacción las demandas requeridas.

#### 1.1. Consumo energético por bloque de vivienda, C, (kWh/m<sup>2</sup>año)

$$Consumo = \left( \frac{Demanda}{Rendimiento} \right)$$

## GENERACIÓN DE ENERGÍA Y CENTRALES DE PRODUCCIÓN

Para ello utilizaremos una unidad de medida de que suelen utilizar para determinar una relación entre la energía primaria necesaria y la energía final a suministrar al usuario: el factor de conversión, f.

Existen dos modelos de aplicación: el factor de conversión de energía final a energía primaria. Se evalúa de manera global en la eficiencia energética de un sistema con su dependencia de renovables y en el cálculo de la huella de carbono, mientras que el factor de energía primaria es la cantidad de energía primaria necesaria a suministrar por unidad de energía final consumida. Cuando la energía primaria es no renovable hablamos de PRF.

Tabla 3.3.1. Factores de conversiones para el cálculo de energías primarias finales y primarias renovables.

Fuente: Elbaración propia.

F: «Guía de Aplicación del DB HE, 2019» y «Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> y Factores de Paso de Energía Primaria»

Sistema de Producción de Calor	PRF	Emisiones CO <sub>2</sub> (g/kWh)
CHP Gas	0.5	10
CHP Carbón	0.8	270
Biomasa	0.1	30
Incineración de Basuras	0.05	20
Gasóleo	1.3	360
Caldera Gas	1.3	260
Caldera Carbón	1.5	530
Caldera Gasóleo	1.3	350
Eléctrico	2.5	850
Bomba de Calor	0.9	300

Para entenderlo de manera clara, lo ejemplificamos a través del análisis del edificio en Calle Canarias, 24, que presenta un consumo energético de 218,9 kWh/m<sup>2</sup> año. Esto revela un consumo energético significativo debido al uso predominante de calderas de gas y sistemas de calefacción convencionales. Las emisiones de CO<sub>2</sub> son elevadas 58,7 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año., reflejando la dependencia de combustibles fósiles y la baja eficiencia de los sistemas actuales.

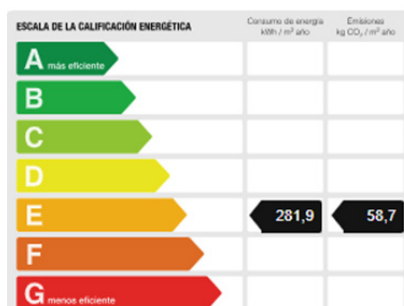
Tabla 3.3.2. Factores de conversiones para el cálculo de energías primarias finales y primarias renovables.

Fuente: Elbaración propia.

F: «Guía de Aplicación del DB HE, 2019» y «Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> y Factores de Paso de Energía Primaria»

Fuente de Energía	Factor de Conversión (Energía Primaria Renovable)	Factor de Conversión (Energía Primaria Total)
Caldera de Gas	0.3	1.3
Cogeneración	0.4	1.1
Energía Solar	1.0	1.0
Geotermia	1.0	1.0
Biomasa	0.7	1.2

Fig. 3.3.1. Certificados de Eficiencia Energética de Edificios. Recuperado 5 de mayo de 2024.



Primero evaluamos la eficiencia de diferentes sistemas de producción de calor y frío, se utilizan los factores de energía primaria, PRF usando energías no renovables,  $Q_p$  y las emisiones de CO<sub>2</sub> proporcionados por el documento Euroheatcool (Euroheat & Power, 2006c).

Con estos resultados, ejemplificados para las energías no renovables para un CHP de gas y una caldera de gas individualizada supone y comparándolas con el ejemplo anterior, obtenemos como la energía primaria no renovable es significativamente menor para sistemas eficientes como CHP gas (19,733 kWh/año) en comparación con calderas de gas (51,305.8 kWh/año), alrededor de un 40% en el rendimiento de la red.

Fuente de Energía	Energía Primaria Renovable (MWh)	Energía Primaria Total (MWh)
Caldera de Gas	3,600	15,600
Cogeneración	4,800	13,200
Energía Solar	12,000	12,000
Geotermia	12,000	12,000
Biomasa	8,400	14,400

Tabla 3.3.2a. Resultado de ejemplo de una vivienda en el distrito de Arganzuela.

Lo mismo con las emisiones de CO<sub>2</sub> son significativamente menores con sistemas de producción de calor eficientes. Por ejemplo, las emisiones de un sistema CHP gas son mucho menores (394.66 kg/año) en comparación con una caldera de gas convencional (10,261.16 kg/año).

Las calderas de gas por ejemplo presentan un factor de conversión de energía primaria renovable genera 1,3 mientras que el factor de energía primaria total es de 1,3, esto significa que solo el 30% de la energía usada en una caldera de gas convencional se considera renovable. El resto, el 70% proviene de las fuentes no renovables como el petróleo, carbón o gas natural. Lo que se traduce en una baja eficiencia energética desde el punto de vista de la producción de las renovables y la alta dependencia de los suministros fósiles. Analizando la tabla de las energías podemos observar que tanto la solar como la geotermia presentan grandes beneficios, al relacionar los factores de la energía final a energía primaria total sobre la energía final a energía final renovable (factor renovable)

Estrategia	Reducción Estimada (%)	Consumo Actual (kWh)	Consumo Reducido (kWh)
Aislamiento y Ventanas	30	264,000,000	184,800,000
Optimización de Sistemas	20	184,800,000	147,840,000
Iluminación Eficiente	40	147,840,000	88,704,000
Energías Renovables (15% Generada)	15	88,704,000	75,398,400
Energía Geotérmica	10	75,398,400	67,858,560
Redes de Calor y Frío	25	67,858,560	50,893,920
Movilidad Sostenible	20	50,893,920	40,715,136
Gestión Inteligente	15	40,715,136	34,607,365

Tala 3.3.3. Solución comparativa con los sistemas individualizados, calderas convencionales (Datos: Higuera, E., Rodríguez, M., Gálvez, M. Á., Acha, C., Román, E., & Eiroa, T. (2019). REHABILITACIÓN ECOEFICIENTE DE LA CIUDAD CONSOLIDADA. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27782.83522>

## GENERACIÓN DE ENERGÍA Y CENTRALES DE PRODUCCIÓN

con el resultado de ellas de 1,0, lo que significa que el rendimiento es máximo, por lo que las pérdidas en esto tipo de fuentes, se traduce en que la demanda es el 100% del consumo.

La energía solar y geotermia son las más eficientes, con el mismo resultado de conversión directa de energía final a energía primaria sin pérdidas. La cogeneración y biomasa también mejoran la eficiencia energética, pero con mayores emisiones comparadas con las soluciones totalmente renovables.

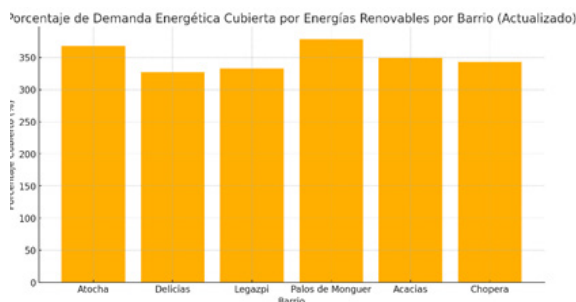
Los resultados numéricos muestran una reducción significativa en el consumo de energía primaria no renovable y en las emisiones de CO<sub>2</sub> al implementar estas soluciones. La cogeneración y biomasa también mejoran la eficiencia energética, pero con mayores emisiones comparadas con las soluciones totalmente renovables.

Barrio	Consumo Anual (MWh)	Superficie por Manzana (m <sup>2</sup> )	Número de Manzanas	Superficie Total (m <sup>2</sup> )	Demanda Específica (kWh/m <sup>2</sup> /año)
Atocha	12,000	200,000	21	4,200,000	2.86
Delicias	15,000	250,000	63	15,750,000	0.95
Legazpi	14,000	230,000	35	8,050,000	1.74
Palos de Monguer	11,000	180,000	48	8,640,000	1.27
Acacias	13,000	210,000	77	16,170,000	0.80
Chopera	12,500	200,000	42	8,400,000	1.49

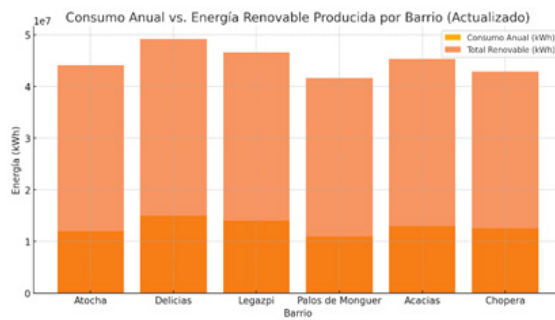
Tabla 3.3.4. Consumo Energético Anual y Superficie por Barrio

Nuestros cálculos son de carácter didáctico, por lo que los resultados son aproximaciones generales que nos acercan a las justificaciones que se podrían llevar a cabo con un equipo integrado. El RITE, ya ejemplifica distintos niveles de demandas según las demandas de ACS.

Por lo que hacemos un primer acercamiento a la media de consumo según la superficie a abastecer por cada barrio, esto nos da una demanda para cada uno de las zonas a tratar y enfoque global. Esto nos sirve para calcular la energía primaria que tendría que proporcionar cada tipo de central. Aunque solo la integración en cualquiera de sus puntos dará para abastecer de forma sistemática la red. Por lo que en términos generales, según la tabla se aplica el porcentaje de reducción a tener en cuenta en el consumo de renovables. Gráfica 1.



Gráfica 1. Porcentaje de Demanda Energética Cubierta por Energías Renovables por Barrio



Gráfica 2. Consumo Anual vs. Energía Renovable Producida por Barrio

Los datos subrayan la necesidad de implementar soluciones energéticas más eficientes y sostenibles. Demostrando abastecimiento de la propia red a través de energías renovables, alcanza un mayor porcentaje de beneficio. La integración de tecnologías como energía solar, geotermia, cogeneración y biomasa. Además de las fuentes renovables, se pueden implementar mejoras en la eficiencia energética a través de la rehabilitación de fachadas y techos, instalación de ventanas de alta eficiencia y mejora del aislamiento térmico. Estas medidas pueden reducir el consumo energético hasta en un 30%. Otra forma de optimizar las redes es instalando las bombas de calor

## [4] CONCLUSIONES

Una vez estudiado el sistema de redes distritales y sus componentes, se ha ampliado considerablemente el conocimiento sobre su funcionamiento y beneficios. Las redes distritales han demostrado ser eficaces en países vecinos, adaptándose a las necesidades y en la búsqueda de los objetivos a cumplir.

Este trabajo busca ofrecer una visión profunda del sistema, proponiendo soluciones desde una perspectiva urbana y considerando su viabilidad a través de las áreas densamente urbanizadas, aprovechando los recursos locales del lugar

Integrar este sistema en el barrio de Arganzuela no solo promovería modelos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, al reducir los gases de efecto invernadero, ya que permiten optimizar el uso, con cogeneración y trigeneración, lo que se traduce en un uso controlado evitando el derroche de pérdidas y de cara a los objetivos legislativos

Fomentaría el autoabastecimiento del barrio, económicamente hablando, supondría una reducción y mayor concienciación ciudadana y social.

La alternativa a las calderas individualizadas es notablemente beneficiosa, ya que las redes distritales mejoran el rendimiento energético. La simple instalación de estas redes con fuentes no renovables demuestra una mejora significativa, y esta mejora se cuantifica aún más al utilizar fuentes renovables. Esto justifica la resiliencia y la productividad del sistema, demostrando su viabilidad a largo plazo.

Presenta desafíos en cuanto a la implantación de redes de distribución a nivel de instalación a las infraestructuras existentes. La instalación de la red englobaría una rehabilitación de las edificaciones para minimizar las pérdidas.

No solo a nivel de implantación, sino en políticas, legislaciones y normativas, ya que las adaptaciones iniciales suponen altas inversiones iniciales. Con ello al proyectar los sistemas de escala global y con mayor repercusión, implicaría las pérdidas en las empresas de suministro, por lo que una equidad en el cómputo de las partes es crucial.

En resumen, este trabajo ha explorado de manera integral las posibilidades y desafíos de implementar redes distritales de calefacción y refrigeración en barrios urbanos, utilizando el distrito de Arganzuela en Madrid como caso de estudio. La investigación ha demostrado que estas redes, basadas en fuentes de energía renovable y sistemas de alta eficiencia como la cogeneración y trigeneración, pueden significativamente mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a un desarrollo urbano más sostenible y resiliente.



### MARCO NORMATIVO

Objetivos y metas de desarrollo sostenible—Desarrollo Sostenible. (s. f.). Recuperado 30 de mayo de 2024, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals>

Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on Energy Efficiency and Amending Regulation (EU) 2023/955 (Recast) (Text with EEA Relevance), EP, CONSIL, 231 OJ L (2023). <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj/eng>

BOE.es—DOUE-L-2023-81299 Directiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativa a la eficiencia energética y por la que se modifica el Reglamento (UE) 2023/955 (versión refundida). (s. f.). Recuperado 25 de mayo de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81299>

Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on Energy Efficiency and Amending Regulation (EU) 2023/955 (Recast) (Text with EEA Relevance), EP, CONSIL, 231 OJ L (2023). <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj/eng>

Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). (s. f.). Refworld. Recuperado 30 de mayo de 2024, de <https://www.refworld.org/es/leg/multilateral treaty/un/2015/es/134497>

### DH/DC

Rodríguez Suárez, Iván. “Sistemas de climatización de distrito (DHCS: district heating and cooling systems)”. Asignatura: b2 - Seminario de investigación en urbanismo «Barrios Sostenibles» Curso 2009-2010.

ADHAC (Asociación de Empresas de redes de calor y frío). Censo de Redes y Calor, 2019), 22 pag.

López, T. L. (s. f.). Proyecto de red de distribución urbana para suministro energía térmica (DH) mediante energías renovables, en la ciudad de Alcobendas. Fase I - “Tramos 1 al 14”, pag.138

Inoshita, D. Sumiyoshi, Y. Akashi, and H. Kitora. “Analysis of Heat Accommodation Effect in District Heating and Cooling Systems.” IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, vol. 294, 2019, pp. 1-12. doi:10.1088/1755-1315/294/1/012071. Published under licence by IOP Publishing Ltd.

Bienvenido a 4DH. (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2024, de <https://www.4dh.eu/>  
¿Qué es la cogeneración de energía y cómo funciona? (s. f.). Enel X. Recuperado 31 de mayo de 2024, de <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-are-cogeneration-systems>  
Soluciones energéticas para personas, gobiernos y empresas | Enel X. (s. f.). Recuperado 31 de mayo de 2024, de <https://corporate.enelx.com/es>

### CASO DE ESTUDIO.

Central térmica Orcasitas para 2276 hogares | Viessmann ES. (2023, julio 12). <https://www.viessmann.es/es/referencias/central-termica-orcasitas.html>

El Ayuntamiento de Madrid impulsa el ‘ecobarrio’ de Puente de Vallecas. (s. f.). Diario de Madrid. Recuperado 25 de mayo de 2024, de <https://diario.madrid.es/blog/2021/07/19/el-ayuntamiento-de-madrid-impulsa-el-ecobarrio-de-puente-de-vallecas/Google Earth>. (s. f.). Recuperado 5 de abril de 2024, de <https://earth.google.com/>

- La central térmica que despertó tras una década en coma y hoy articula el «ecobarrio» de Vallecas: “Tiene potencial para abastecer a muchos más de 1.000 hogares”. (2024, abril 14). ELMUNDO. <https://www.elmundo.es/madrid/2024/04/15/661b987621efao790e8b4597.html>
- Telemadrid. (2021, enero 23). La Meseta de Orcasitas calienta más de 2.000 hogares con su propia central térmica... Y por menos de 40 euros al mes. Telemadrid. <https://www.telemadrid.es/noticias/madrid/Meseta-Orcasitas-calienta-hogares-central-termica-0-2306769315--20210120100100.html>
- Área de gobierno de urbanismo y vivienda. 150 aniversario del Anteproyecto Ensanche de Madrid aprobado el 19 de julio 1860, pag.15

## ENERGÍAS

- Rodríguez Suárez, Iván. “Sistemas de climatización de distrito (DHCS: district heating and cooling systems)”. Asignatura: b2 - Seminario de investigación en urbanismo «Barrios Sostenibles» Curso 2009-2010.
- Octubre 2015 – Historia – Prof. Diego Estin. (s. f.). Recuperado 14 de abril de 2024, de <https://profediegoestin.wordpress.com/2015/10/>
- Barragán-Escandón, Zalamea-León, J. Terrados-Cepeda, y Parra-González. “Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica.” Bitácora Urbano Territorial, vol. 29. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. doi:10.15446/bitacora.v29n2.65720.
- Balance Energético 2020 de la Comunidad de Madrid. Dirección General de Industria, Energía y Minas, Comunidad de Madrid.
- Balance Energético—Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (s. f.). FENERCOM. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.fenercom.com/balance-energetico/>
- Rezaei, M., Sameti, M., & Nasiri, F. (2021). Biomass-fuelled combined heat and power: Integration in district heating and thermal-energy storage. *Clean Energy*, 5(1), 44-56. <https://doi.org/10.1093/ce/zkaa031>
- Clausius—Bombas de calor geotérmicas. (s. f.). Clausius. Recuperado 27 de mayo de 2024, de <https://www.clausius.es/geotermia-2/>
- Bombas de calor y enfriadoras. (s. f.). CIAT España. Recuperado 27 de mayo de 2024, de <https://www.ciat.com/es/es/productos-y-sistemas/bombas-de-calor-y-enfriadoras/>
- CONSTRUIBLE. <https://www.construible.es/comunicaciones/sistema-cogeneracion-basado-sistema-pila-combustible-carbonatos-fundidos-para-abastecer-necesidades-edificios-distritos>
- Department of Energy. (s. f.). Recuperado 28 de mayo de 2024, de <https://www.energy.gov/eere/amo/articles/combined-heat-and-power-technology-fact-sheet-series-district-energy>
- Enfriadoras y bombas de calor. (s. f.). Keyter. Recuperado 27 de mayo de 2024, de <https://www.keyter.com/es/enfriadoras-y-bombas-de-calor/>
- Environment, U. N. (2015, junio 11). District energy in cities: Unlocking the potential of energy efficiency and renewable energy. UNEP - UN Environment Programme. <http://www.unep.org/resources/report/district-energy-cities-unlocking-potential-energy-efficiency-and-renewable-energy>
- Intercambiadores de placas: Usos, ventajas e inconvenientes. (2023, agosto 7). <https://hydronik.es/intercambiadores-de-placas-usos-beneficios/>
- Ruan, Y., Liu, Q., Zhou, W., Firestone, R., Gao, W., & Watanabe, T. (2009). Optimal option of distributed generation technologies for various commercial

buildings. *Applied Energy*, 86(9), 1641-1653. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.01.016>

### ARGANZUELA

Informe Interdistrital de Arganzuela. Ayuntamiento de Madrid. Paisaje

Paisaje Transversal – Diagnóstico Arganzuela. (s. f.). Recuperado 31 de mayo de 2024, de <https://paisajetransversal.com/portfolio/diagnostico-arganzuela/>

SCIS Solution Booklet: District Heating and Cooling. Smart Cities Information System, 2020.).

Carlos M<sup>a</sup> de Castro. (s. f.). Instituto de Estudios Madrileños. Recuperado 31 de mayo de 2024, de [https://xn--institutoestudiosmadrileos-4rc.es/portfolio\\_page/c-91-3-castro-carlos-ma-de/](https://xn--institutoestudiosmadrileos-4rc.es/portfolio_page/c-91-3-castro-carlos-ma-de/)

Ensanche de Madrid. (2024). En Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ensanche\\_de\\_Madrid&oldid=158027608](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ensanche_de_Madrid&oldid=158027608)

Paisaje Transversal – Diagnóstico Arganzuela. (s. f.). Recuperado 31 de mayo de 2024, de <https://paisajetransversal.com/portfolio/diagnostico-arganzuela/>

Guía de Instalaciones Centralizadas de Calefacción, Refrigeración y ACS. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR)

Inoshita, D. Sumiyoshi, Y. Akashi, and H. Kitora. “Analysis of Heat Accommodation Effect in District Heating and Cooling Systems.” *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 294, 2019, pp. 1-12. doi:10.1088/1755-1315/294/1/012071. Published under licence by IOP Publishing Ltd.

### DATOS

Higueras, E., Rodríguez, M., Gálvez, M. Á., Acha, C., Román, E., & Eiroa, T. (2019). *REHABILITACIÓN ECOEFICIENTE DE LA CIUDAD CONSOLIDADA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27782.83522>

Guía de Aplicación del DB HE 2019.” Código Técnico de la Edificación, 2019, pp. 1-72. Disponible en línea: Guía de Aplicación del DB HE 2019.

“Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> y Factores de Paso de Energía Primaria.” Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, 2020, pp. 1-15. Disponible en línea: Factores de Emisión de CO<sub>2</sub> y Factores de Paso de Energía Primaria.

Euroheat & Power. “Ecoheatcool. Work package 3.” 2006c.

Vidal, R. C., Río, J. J. D., & Poblete, C. M. (2016). Análisis Costo-Beneficio De La Calefacción Distrital En La Zona Central De Chile. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(1), 35-45.

GREENHEISS, & admin. (2020, febrero 15). ¿Qué es la energía primaria según el nuevo CTE? Greenheiss. <https://www.greenheiss.com/que-es-la-energia-primaria-segun-el-nuevo-cte/>

Muñoz Simón, Miguel Ángel. Climatización a escala urbana. Producción de calor y frío. Trabajo de fin de grado, Madrid, junio, 2017, 96 pág.

Heras Capos, María. Climatización a escala urbana. Trabajo de fin de grado, Madrid, junio, 2020, 66 pág.

Oleart Bustamantes, Bustamante. La ciudad y el viento. Producción de calor y frío. Tesis doctoral, Madrid, junio, 2015, 66 pág.

Cantoral Hidalgo, Miguel. La ciudad y el viento. Escuela renovable y la central térmica de Ciudad Universitaria. Trabajo de fin de grado , Madrid, 2012, 61 pág.

González, Rodríguez, Sergio. Aqualignum.. «Caracterización experimental de seres higromorficos». Trabajo de fin de grado , Madrid, 2021, pag.102