



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

ÁREA DE MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS

ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN UN EDIFICIO CONECTADO A UN SERVICIO DE DISTRICT HEATING

D. MIGUEL VÁZQUEZ GARCÍA DEL REAL
TUTOR: D. FRANCISCO JAVIER FERNÁNDEZ GARCÍA
FECHA: Noviembre 2022

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en primer lugar a mi tutor Javier, por acceder a guiarme y ayudarme a estructurar y focalizar este trabajo.

En segundo lugar, darle las gracias a María por estar a mi lado y ayudarme a no darme por vencido.

Y por último, a mi madre por ser apoyo, motivación y descanso en esta y en muchas otras etapas.

RESUMEN

Nos hallamos en un momento clave en plena transición energética propiciada por el incremento de necesidades debido al aumento de la población mundial y por una realidad que es la del agotamiento de los recursos energéticos fósiles (los más utilizados hasta la fecha) y el cambio climático.

Se requiere por tanto un nuevo planteamiento por parte de los gobiernos, en el modelo energético que adopten con el fin de proporcionar un abastecimiento suficiente de energías sostenibles y eficientes que minimicen el impacto de las emisiones de CO₂.

Este trabajo hace una revisión de la matriz energética a nivel mundial y de las principales transiciones energéticas sufridas a raíz de acontecimientos socioeconómicos y tecnológicos para tener una visión global de las principales fuentes de energía y de sus consumos, por regiones y por sectores, refiriéndonos en primer lugar a nivel mundial y centrándonos después en nuestro país.

Se hace referencia a las implicaciones que el consumo de energía tiene en la emisión de gases (CO₂) y por consiguiente en el cambio climático, para posteriormente introducir el concepto de **eficiencia energética**.

En el sector de la climatización se ha avanzado en términos de eficiencia acompañados de una inversión tecnológica pues se ha demostrado que la eficiencia energética ha aumentado según se incrementa el gasto en innovación y desarrollo tecnológico.

Se intenta demostrar en este trabajo que la climatización usando la central térmica para abastecimiento de un distrito de viviendas (**District Heating**) es una manera eficiente de producción de energía en este sector y que minimiza el efecto de la contaminación.

El estudio de la Energía primaria que abastece al complejo, de los rendimientos de su transformación y distribución para satisfacer las necesidades de consumo de las viviendas analizará la eficiencia energética del DH.

Palabras clave: **Matriz energética, cambio climático, climatización, eficiencia energética y District Heating**

ÍNDICE

1. Motivación y objetivos.	10
2. Introducción.	11
2.1.- ANTECEDENTES.	11
2.1.1.- Base energética mundial: Evolución de la matriz energética.	11
2.1.2.- Las nuevas tecnologías y la evolución de la matriz energética	12
2.1.3.- La transición energética y los últimos acontecimientos geopolíticos.	14
2.2.- .SITUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO A NIVEL MUNDIAL	16
2.2.1.- Suministro mundial.	16
2.2.2.- Consumo mundial final.	17
2.3.- OFERTA Y DEMANDA ENÉRGICA EN ESPAÑA	19
2.3.1.- Producción y suministro total de energía (TES)	19
2.3.2.- El consumo de Energía en España	21
2.4.- EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂.	24
2.4.1.- Emisiones a nivel mundial.	24
2.4.2.- Emisiones de CO ₂ en España.	28
2.5.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EUROPA	31
2.5.1.- Paquete de medidas «Objetivo 55».	31
2.5.2.- Energías renovables.	32
2.5.3.- Eficiencia energética.	32
2.5.4.- Eficiencia energética de los edificios.	33
2.6.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA	34
3. Energía y climatización.	35
3.1.- LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN.	37
3.1.1.- Plan nacional de acción para la eficiencia energética (PNEE).	37
3.1.2.- Plan nacional integrado de energía y clima (PNIEC) 2021-2030.	38
3.2.- CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN URBANA.	39
3.3.- ENERGÍAS RENOVABLES EN LA CLIMATIZACIÓN	41
4. District Heating (DH).	42
4.1.- ORÍGENES DEL DISTRICT HEATING.	43
4.2.- COMPONENTES DE UN DH.	44
4.2.1.- Central de generación	44

4.2.2.-	Red de tuberías de distribución.....	44
4.2.3.-	Subcentrales.....	45
4.3.-	EL DH EN EUROPA Y ESPAÑA: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS..	46
4.4.-	EL DH DE VALLECAS.....	47
4.5.-	PARTES DE LA INSTALACIÓN.....	50
4.5.1.-	Central térmica.....	50
4.5.2.-	Redes de suministro.....	52
4.5.3.-	Subcentrales.....	55
4.5.4.-	Apoyo de energías renovables	57
4.6.-	CENTRAL DE RECOGIDA DE RESIDUOS Y PILAS DE HIDROGENO.	58
5.	Estudio energético.....	59
5.1.-	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	59
5.2.-	DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	61
5.3.-	COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN: ESQUEMAS.....	62
5.3.1.-	Esquema general	62
5.3.2.-	Esquema DH.....	63
5.3.3.-	Esquema subcentral	64
5.4.-	SISTEMA DE CONTROL Y MEDIDA.	67
5.4.1.-	Extracción de datos:	67
5.4.2.-	Contador de gas natural del DH.....	68
5.4.3.-	Contadores en circuitos de impulsión en DH.	69
5.4.4.-	Contador de ACS y calefacción.	69
5.4.5.-	Contador de circuito de solar.	70
5.5.-	EVOLUCIÓN ENERGÉTICA.....	71
5.5.1.-	Energía de facturación.....	71
5.5.2.-	Energía en la subcentral.....	74
5.5.3.-	Energía en el DH.	76
5.6.-	BALANCE ENERGÉTICO.....	81
5.7.-	EMISIONES DE CO₂	82
6.	Impacto socioeconómico.....	83
6.1.-	PAPEL DE LAS ADMINISTRACIONES	83
6.2.-	MENTALIDAD Y CONOCIMIENTO.....	83
6.3.-	UN SISTEMA SOSTENIBLE Y EFICIENTE.....	84
6.4.-	IMPACTO ECONOMICO	84

6.5.-	IMPACTO SOBRE LA CONTAMINACIÓN Y SALUD	85
7.	Presupuesto	86
8.	Conclusiones.	87
9.	Marco normativo.....	89
9.1.-	NORMATIVA EUROPEA.	89
9.1.1.-	Directiva Europea 2002/91/CE.....	90
9.1.2.-	Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios. 90	
9.1.3.-	Directiva de modificación (UE) 2018/844.....	92
9.1.4.-	Reglamento Delegado (UE) 2020/2155 de la Comisión.	93
9.1.5.-	Reglamento de Ejecución (UE) 2020/2156 de la Comisión.....	94
9.1.6.-	Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo.	94
9.1.7.-	Directiva (UE) 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo.....	95
9.1.8.-	Reglamento Delegado (UE) 244/2012 de la Comisión.....	96
9.2.-	NORMATIVA NACIONAL.	97
9.2.1.-	Real Decreto 314/2006.....	97
9.2.2.-	Real decreto 1027/2007.....	98
9.2.3.-	Real Decreto 47/2007	99
9.2.4.-	Real Decreto 1826/2009.	99
9.2.5.-	Real Decreto 233/2013.....	100
9.2.6.-	Real decreto 235/2013.	102
9.2.7.-	Real decreto 238/2013	103
9.2.8.-	Real Decreto 56/2016.	104
9.2.9.-	Real Decreto 244/2019.....	106
9.2.10.-	Resolución de 25/03/2021 (PNIEC).....	106
10.	Bibliografía.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1.- RELACIÓN ENTRE GASTO EN TECNOLOGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PERIODO 1974-2020.....	13
FIGURA 2.2.- AIE, CUOTA REGIONAL DEL SUMINISTRO TOTAL DE ENERGÍA, 2019, AIE, PARÍS.....	16
FIGURA 2.3.- AIE, CUOTA GLOBAL DEL SUMINISTRO TOTAL DE ENERGÍA POR FUENTE, 2019, AIE.....	16
FIGURA 2.4.- AIE, PARTICIPACIÓN EN EL CONSUMO FINAL TOTAL MUNDIAL POR REGIÓN, 1973,.....	17
FIGURA 2.5.- AIE, CUOTA DEL CONSUMO FINAL TOTAL MUNDIAL POR REGIÓN, 2019,.....	17
FIGURA 2.6.- PANORAMA DEL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL POR COMBUSTIBLE Y SECTOR, 2019.....	19
FIGURA 2.7.- SUMINISTRO TOTAL DE ENERGÍA EN ESPAÑA POR FUENTES, 2000-19.	20
FIGURA 2.8.- CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR SECTOR ENTRE 2000 Y 2019	21
FIGURA 2.9.- CONSUMO FINAL TOTAL DE ESPAÑA POR FUENTES Y SECTORES, 2019.....	22
FIGURA 2.10.- AIE, EMISIONES MUNDIALES DE CO ₂ POR COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLE POR COMBUSTIBLE, 1971- 2019,.....	24
FIGURA 2.11.- EMISIONES MUNDIALES DE CO ₂ POR COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLE POR REGIÓN, 1971-2019	25
FIGURA 2.12.- EVOLUCIÓN POR REGIONES DE EMISIONES DE CO ₂	25
FIGURA 2.13.- EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO ₂ DURANTE Y POSTPANDEMIA.	27
FIGURA 2.14.- EMISIONES DE CO ₂ RELACIONADAS CON LA ENERGÍA EN ESPAÑA POR SECTORES, 2000-19	29
FIGURA 2.15.- EMISIONES DE CO ₂ RELACIONADAS CON LA ENERGÍA EN ESPAÑA POR FUENTE DE ENERGÍA, 2000-19..	30
FIGURA 3.1.- CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN ESPAÑA POR COMBUSTIBLE, 2000-2019.	35
FIGURA 3.2.- DESGLOSE DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN ESPAÑA POR USO, 2018.	36
FIGURA 4.1.- ANTIGUO BARRIO DE NUESTRA SEÑORA DE LOS ÁNGELES, CALLE DE MARTÍNEZ DE LA RIVA.....	47
FIGURA 4.2.- IMAGEN EXTRAÍDA DE LA PÁGINA WEB DE GOOGLE MAPS DE LA CALLE MARTÍNEZ DE LA RIVA CON FECHA DE FEBRERO DE 2022	48
FIGURA 4.3.- PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS VIVIENDAS.	49
FIGURA 4.4.- IMAGEN DE LAS 5 CHIMENEAS PERTENECIENTES AL DH.	50
FIGURA 4.5.- IMAGEN DE LAS CALDERAS VIESSMAN.	51
FIGURA 4.6.- IMAGEN DE LAS CALDERAS ICI CALDAIE.....	52
FIGURA 4.7.- SISTEMA DE BOMBEO.	53
FIGURA 4.8.- UBICACIÓN DE LAS DIFERENTES BOMBAS	54
FIGURA 4.9 SUBCENTRAL DEL EDIFICIO DEL CASO DE ESTUDIO.....	55
FIGURA 4.10 DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN DE ACS (IZQUIERDA) E INTERACUMULADORES SOLARES.	56
FIGURA 4.11.- PILAS DE HIDRÓGENO INSTALADAS EN LA CENTRAL TÉRMICA	58
FIGURA 5.1.- IMAGEN DE LA FACHADA EXTERIOR DE LA NSA09	59
FIGURA 5.2 COLECTORES SOLARES SITUADOS EN LA AZOTEA DEL EDIFICIO.	60
FIGURA 5.3.- ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN.	62
FIGURA 5.4. ESQUEMA DE LA CENTRAL TÉRMICA.	63
FIGURA 5.5.- ESQUEMA GENERALIZADO DE LA INSTALACIÓN DE LA SUBCENTRAL	64
FIGURA 5.6 VÁLVULA TERMOSTÁTICA MEZCLADORA	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1.- COMPARATIVA DE CONSUMOS DE ENERGÍA ENTRE 1973 Y 2019.....	18
TABLA 2.2.- CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTORES EN ESPAÑA. UNIDAD DE MEDIDA KTEP.....	23
TABLA 2.3.- EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO ₂	24
TABLA 2.4.- COMPARATIVA DE EMISIONES TOTALES DE CO ₂ (MT DE CO ₂) EN VARIAS REGIONES DEL MUNDO.....	26
TABLA 5.1.- CONSUMOS DE ACS Y DE CALEFACCIÓN EN PERIODO DESDE OCTUBRE 2021 A SEPTIEMBRE 2022	71
TABLA 5.2.- VALORES MEDIOS DE TEMPERATURA A LOS QUE SE HA ENVIADO EL ACS EN CADA MES Y LOS VALORES MEDIOS DE TEMPERATURA DEL AGUA DE RED QUE SE HA CALENTADO	72
TABLA 5.3.- DEMANDA TOTAL POR MESES	73
TABLA 5.4.- ENERGÍA APORTADA AL SISTEMA EN CADA CIRCUITO EN FUNCIÓN DEL MES DEL ÚLTIMO AÑO (OCTUBRE 2021 – SEPTIEMBRE 2022).....	75
TABLA 5.5.- VOLUMEN GAS CONSUMIDO EN EL PERIODO DESDE OCTUBRE 2021 A SEPTIEMBRE 2022.....	76
TABLA 5.6.- ENERGÍA CONSUMIDA POR DH.....	77
TABLA 5.7.- VALORES DE ENERGÍA ENVIADA DEL DH A CADA CIRCUITO EN MWH, Y PORCENTAJE CORRESPONDIENTE DE ENERGÍA CORRESPONDIENTE AL CT2 DEL TOTAL.....	78
TABLA 5.8.- CONSUMOS DE GAS.....	80
TABLA 7.1.- PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DESARROLLADO	86

1. Motivación y objetivos.

El hecho de realizar las prácticas externas en la empresa Ferrovial Construcción en el Departamento de Servicios Energéticos ha posibilitado la práctica de la profesión de Ingeniería en este sector mediante una beca de estudios.

Dentro de los diferentes proyectos que están llevando a cabo, destaca el proyecto que Ferrovial tiene actualmente de mantenimiento de la central térmica situada en Vallecas, por su innovación y por su contribución a la eficiencia energética.

La central térmica de Vallecas produce, mediante grandes calderas de condensación con alto rendimiento, agua caliente para posteriormente suministrar agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción a un complejo de diferentes edificios con altas capacidades en eficiencia energética.

El planteamiento de este trabajo fin de grado se enfoca en el estudio del rendimiento de la instalación en global analizando la generación de calor a partir del combustible utilizado (gas natural principalmente) en cada una de las calderas, su distribución y su rendimiento en cada uno de los intercambiadores de cada edificio. Se suplementa con la energía solar aportado por las placas fotovoltaicas instaladas en los propios edificios.

El **objetivo principal** del trabajo es demostrar la eficiencia energética de las calderas centralizadas tipo District Heating.

Otros objetivos son:

- Comprensión del transporte de energía en un District Heating.
- Analizar las pérdidas de energía que se pueden producir en la instalación.
- Concienciar de la mejora de la eficiencia energética como medida para reducir el impacto que provocan los sistemas de calefacción y ACS al medioambiente.

2. Introducción.

2.1.- ANTECEDENTES.

2.1.1.- Base energética mundial: Evolución de la matriz energética.

Históricamente, la matriz energética ha mostrado una transición desde el consumo de fuentes de Biomasa tradicional, como la leña, hacia la era de los combustibles fósiles a partir de la Revolución Industrial con el uso de carbón en esa época, y actualmente con el uso del gas y del petróleo.

Sostiene Sánchez Albavera (*Nueva sociedad*, 2006, p.39) [1], que “toda civilización tiene un orden energético, que implica una articulación entre productores y consumidores que tiene como eje central de acción, conciliación y conflicto una fuente energética dominante”.

Los cambios de órdenes energéticos se producen mediante la denominada transición energética, que se desarrolla durante largo tiempo relacionada con la transición de una economía con una fuente dominante de energía y su correspondiente tecnología a otra (FOUQUET, 2012, p.3) [2]. Los cambios de civilización energética por los que ha atravesado la humanidad han implicado la disponibilidad de nuevas fuentes de energía, acompañados de cambios tecnológicos.

Se identifican las principales transiciones energéticas que se han producido hasta la actualidad (Guerrero, Ana; Guzowski, C.; Zabaloy, María, *Geopolitics of Global Energy Transformation*, 2022 [3]).

- En el siglo XVIII, se da la Revolución Industrial que se inicia en Gran Bretaña e implicó el paso desde la leña hacia el uso del carbón que en el Siglo XIX se convierte en la fuente de energía dominante.

- En el Siglo XX, hay un cambio hacia el uso del petróleo como base de la actividad económica y coincide con la Segunda Revolución Industrial, centrada en Estados Unidos. Alemania e Inglaterra pierden poder frente a EEUU. Y Medio Oriente refuerza su posición como principal proveedor de petróleo.
- En el Siglo XXI se muestra una tendencia hacia el uso del gas, más abundante, de menor precio que el petróleo y menos. Se lo considera un combustible de transición hasta tanto se pueda desarrollar los recursos renovables.
- Actualmente, se está en proceso de redibujar el mapa energético del Siglo XXI con el rápido crecimiento de las energías renovables que alterará el poder e influencia de algunos países y regiones en relación con otras. (por ejemplo, el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania en 2022).

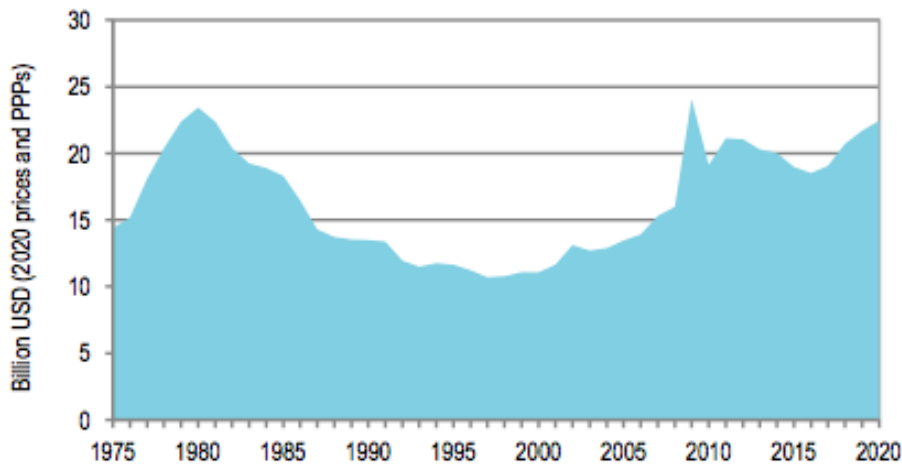
2.1.2.- Las nuevas tecnologías y la evolución de la matriz energética

A nivel global y durante los últimos años, la productividad en los distintos sectores industriales ha aumentado, motivado por el **aumento de población y por el desarrollo de nuevas tecnologías** con la consiguiente **demanda de mayor energía**. Una consecuencia de este aumento en el consumo de energía desemboca en la aparición de un problema ya en la segunda mitad del siglo XX, y que empieza a tener mayor consistencia entre los científicos del mundo, el **cambio climático**.

Según un informe publicado en el Nature Geoscience (Newton,A. Warming the early Earth, *Nature Geoscience*, **3**, p.458, 2010) [4] es en la década de 1960 cuando el planeta experimenta una de las subidas más altas en la temperatura media del planeta.

En los siguientes gráficos (Figura 2.1) se muestra la evolución del gasto en I+D en Tecnología y la evolución de las distintas fuentes de energía entre 1974 y 2020 donde se puede apreciar la relación directa entre gasto en Tecnología y la eficiencia en el aprovechamiento energético, así como la influencia en el aumento de las energías renovables.

IEA total¹ public energy technology RD&D budget, 1975-2020



IEA total public energy RD&D budget by technology, 1974-2020

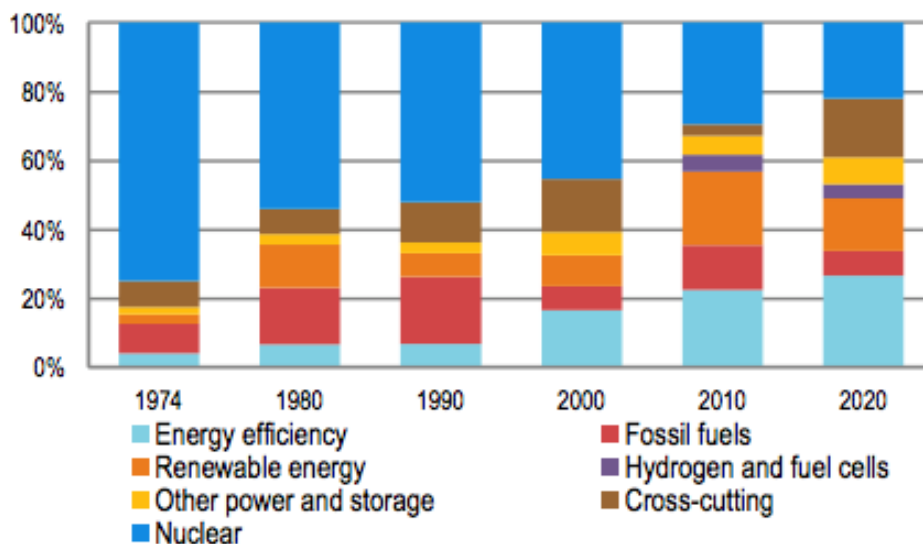


Figura 2.1.- Relación entre Gasto en Tecnología y Eficiencia Energética en el periodo 1974-2020.

Fuente: AIE, presupuesto de I+D+D de tecnología de energía pública total de la AIE, 1975-2020, AIE, París <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/iea-total-public-energy-technology-rd-and-d-presupuesto-1975-2020>, AIE. Licencia: CC BY 4.0 [5]

Los datos se refieren al gasto público total en I+D en energía, convertidos a partir de los precios actuales en monedas. Se incluyen todos los países miembros de la AIE, según los datos disponibles o estimados. El pico en la inversión en 2009 es principalmente el resultado del gasto estimulado por la Ley de Recuperación y Reinversión de los Estados Unidos.

2.1.3.- La transición energética y los últimos acontecimientos geopolíticos.

En conflictos bélicos recientes, la geopolítica se ha hecho necesaria para amortiguar las medidas necesarias para lograr el mantenimiento del suministro de petróleo y gas desde los países en conflicto. El hecho de controlar la energía, es eje determinante de la respuesta del resto de los países.

Previa a la invasión de Ucrania, Rusia incrementó el precio de su gas fósil (paso del precio de 25€/MWh a un máximo de 179€/MWh desde el verano de 2021. Esto ha supuesto aparte de una amenaza a la cobertura de las necesidades energéticas, el alterar también los precios de la generación de electricidad, ya que, según el sistema marginalista de fijación de precios del mercado mayorista, los precios de la generación de electricidad están fijados en función de, independientemente de la fuente utilizada en cada central, del precio más alto que normalmente han fijado las centrales que utilizan gas natural como combustible. [6]

De los dos países del conflicto bélico hay que destacar:

Rusia es clave en la producción de combustibles fósiles:

- En producción de petróleo representa el 12,1 por ciento de la producción global y su porcentaje de exportaciones es el 11,4 por ciento. Tanto en producción como en exportaciones, solo es superada por Estados Unidos y Arabia Saudita.
- En el sector del gas natural su producción supone el 19,9 por ciento del total mundial (segundo productor mundial detrás de Estados Unidos) y el principal exportador de gas natural. Respecto a las exportaciones más del 70 por ciento se dirige a Europa a través de **gasoductos**, siendo Alemania uno de los principales compradores europeos.
- En producción de carbón posee las segundas reservas de carbón (162.166 millones de toneladas) y es el tercer exportador mundial.
- Por último tiene un papel destacado en la industria nuclear, el 50 por ciento de los 72 reactores nucleares planificados o bajo construcción fuera de territorio ruso para 2018 estuvieron a cargo de empresas rusas.

Ucrania en el ámbito energético, es un territorio de tránsito para el aprovisionamiento de petróleo y gas natural de Rusia a Europa. Además, el 90 por ciento de su producción de gas natural se concentra en **Donetsk**. Y el 80 por ciento de los depósitos de petróleo y gas natural Ucrania los perdió con la incorporación, mediante otra intervención militar, de la península de Crimea a manos de Rusia en 2014. [6].

La Unión Europea es altamente dependiente de Rusia, ya que importa el 47% del carbón, el 41% del gas (del cual Alemania se lleva el 66%), el 27% del petróleo y el 20% del uranio, situación que está influyendo en las sanciones adoptadas con el objetivo de no provocar una ruptura del suministro de gas procedente de Rusia, vital para los países del norte y del este.

En el caso de España, aproximadamente un 80% de la demanda de energía es cubierta con importaciones (el gas ruso supone un 11 %). Para la cobertura de la demanda se ha incrementado la importación de gas producido mediante fracking procedente de Estados Unidos, técnica prohibida por nuestra Ley de Cambio Climático y Transición Energética para ser usada en territorio español.

En términos de la geopolítica energética, Europa en el Plan de 10 Puntos intenta reducir la dependencia de la Unión Europea del Gas Natural ruso.

La necesaria transición energética a un sistema de bajo o nulo contenido de carbono en menos de tres décadas queda en entredicho ya que por los problemas de abastecimiento del gas natural y la fuerte alza de su precio, ha habido de nuevo una fuerte recuperación del carbón en la matriz energética mundial.

Los tiempos fijados y los cambios requeridos para esta transición hacen del bien hacer en el ámbito político en general y de los incentivos y capacidades para cooperar, algo fundamental. Si ya se pronosticaba una transición energética complicada y poco suave, la irrupción de una guerra hace más difícil las condiciones para llegar a la neutralidad del carbono hacia 2050, para modificar la forma en que se produce y se consume la energía y evitar impactos negativos sobre el cambio climático y el modo de vida.

2.2.- .SITUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO A NIVEL MUNDIAL

2.2.1.- Suministro mundial.

El **suministro mundial total** de Energía primaria en 2019 fue de **606 EJ** siendo su distribución por regiones geográficas el que se refleja en la Figura 2.2 y el desglose por fuente en el mismo periodo es el mostrado en la Figura 2.3

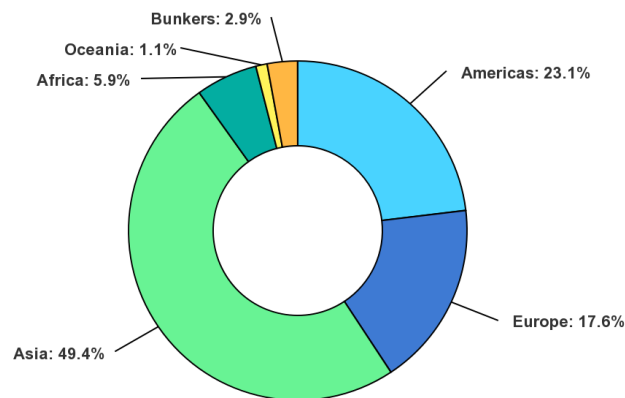


Figura 2.2.- AIE, Cuota regional del suministro total de energía, 2019, AIE, París

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/regional-share-of-total-energy-supply-2019>, IEA. Licencia: CC BY 4.0. *Los “bunkers” se refieren a la aviación internacional y la de la marina

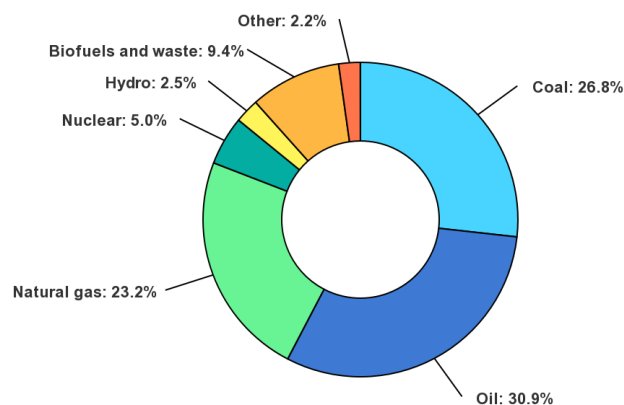


Figura 2.3.- AIE, Cuota global del suministro total de energía por fuente, 2019, AIE.

Fuente: París <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-share-of-total-energy-supply-by-source-2019>, AIE. Licencia: CC BY 4.0. *En la gráfica la turba se agrega con carbón y en “otros” se incluye energía geotérmica, solar, eólica, marea/ola/oceánica, calor y otras fuentes.

2.2.2.- Consumo mundial final

A nivel mundial el consumo total final en 2019 fue de **418 EJ** (Figura 2.5).

Con respecto al consumo registrado en 1973 se ha duplicado (**194 EJ**) (Figura 2.4). Se observa que se concentra el consumo entre los países OCDE y China quienes participan con aproximadamente el 59% del consumo total mundial. Es significativo en la evolución el descenso en consumo en los países de la OECD frente al aumento en países NO OECD.

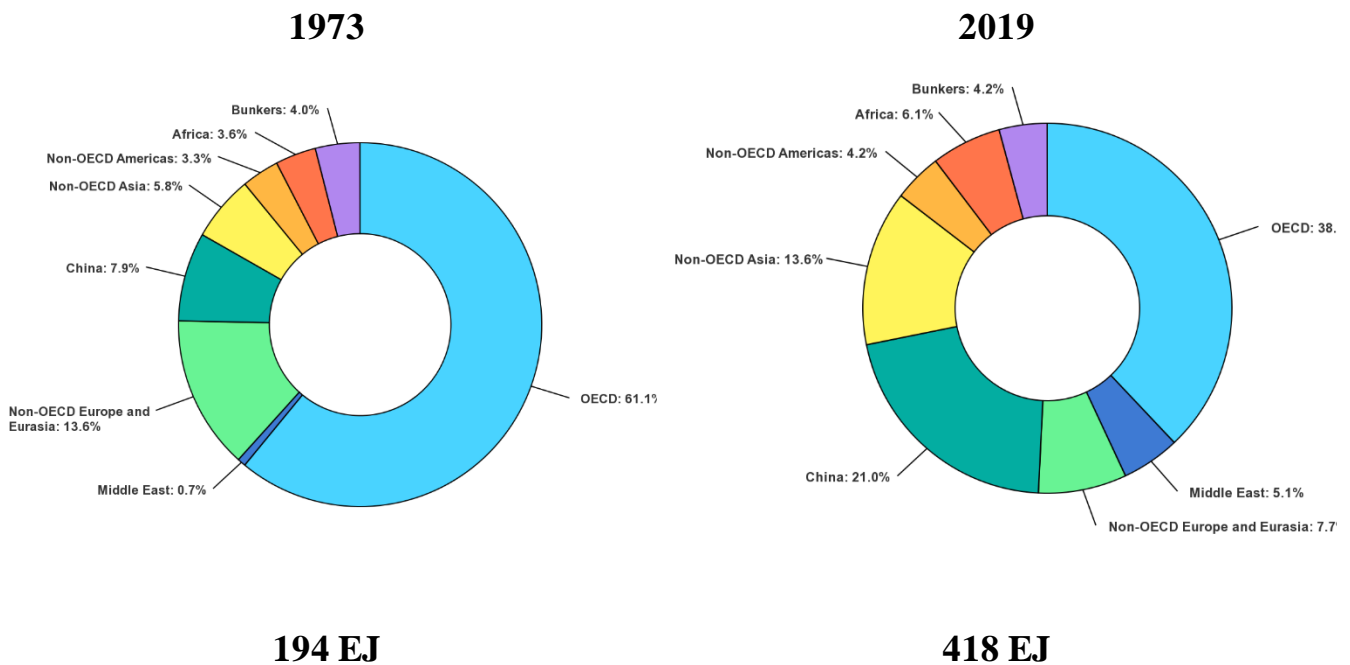


Figura 2.4.- AIE, Participación en el consumo final total mundial por región, 1973,

Fuente: AIE, París <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-world-total-final-consumption-by-region-1973>, AIE. Licencia: CC BY 4.0

Figura 2.5.- AIE, Cuota del consumo final total mundial por región, 2019,

Fuente; AIE, París <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-world-total-final-consumption-by-region-2019>, AIE. Licencia: CC BY 4.0

El consumo energético global ha ido incrementándose significativamente y su composición estructural ha ido cambiando debido a su diversificación a través de fuentes de energía más limpias, destacándose un **mayor empleo del gas natural y la electricidad** como se muestra en la Tabla 2.1. En 1973 aproximadamente el 76% del consumo total correspondía a petróleo y derivados de petróleo, gas natural y carbón mineral en tanto que en el 2019 hay una reducción porcentual alcanzando el 67% para estos combustibles y registrándose un incremento en el consumo de electricidad en 10 puntos porcentuales.

	1973		2019	
	%	consumo (EJ)	%	consumo (EJ)
OTROS	1,7	3,30	3,6	15,05
CARBÓN	13,6	26,38	9,5	39,71
PETRÓLEO	48,5	94,09	40,4	168,87
GAS NATURAL	14,1	27,35	16,4	68,55
BIODIESEL	12,6	24,44	10,4	43,47
ELECTRICIDAD	9,5	18,43	19,7	82,35
		194		418

Tabla 2.1.- Comparativa de consumos de energía entre 1973 y 2019.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos publicados en el Key World Energy Statistics, IEA, septiembre 2021

2.3.- OFERTA Y DEMANDA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

2.3.1.- Producción y suministro total de energía (TES)

La mayor parte de la oferta y demanda energética de España se satisface con combustibles fósiles, que representaron el 72% del **suministro total de energía (TES)** y el 68% del **consumo final total (TFC)** en 2019 (Figura 2.6).

Solo una cuarta parte del TES es satisfecha con producción nacional en 2019; el resto fue importado. La **producción nacional** consiste principalmente en energía nuclear (45% de la producción total), así como en bioenergía y la generada por residuos y otras energías renovables, especialmente la eólica y la solar. La producción de energías renovables aumentó un 47% entre 2009 y 2019 para cubrir más de la mitad de total de la producción nacional en 2019 (55%).

Aunque produce renovables y energía nuclear, España depende de las importaciones de combustibles fósiles, que representaron casi tres cuartas partes del suministro total (TES) y del consumo final (TFC) en 2019.

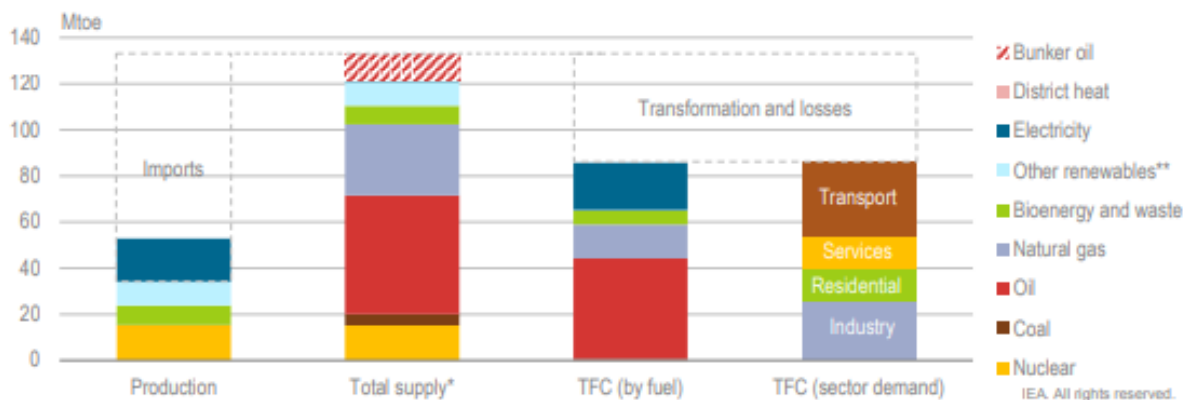


Figura 2.6.- Panorama del sistema energético español por combustible y sector, 2019

* Suministro total de energía + combustibles bunker internacionales.

**Otras renovables incluyen la eólica, la hidráulica, la solar y una pequeña cantidad de geotérmica.

Notas: Mtep = millones de toneladas equivalentes de petróleo. TFC = consumo final total.

Fuente: AIE (2021), IEA World Energy Statistics and Balances (base de datos),
www.iea.org/statistics.

El TES en España alcanzó su punto máximo en 2007 y cayó después como efecto de la crisis financiera. Entre 2014 y 2018, la oferta total comenzó a aumentar de nuevo, aunque volvió a caer en 2019 debido a la pandemia. (Figura 2.7).

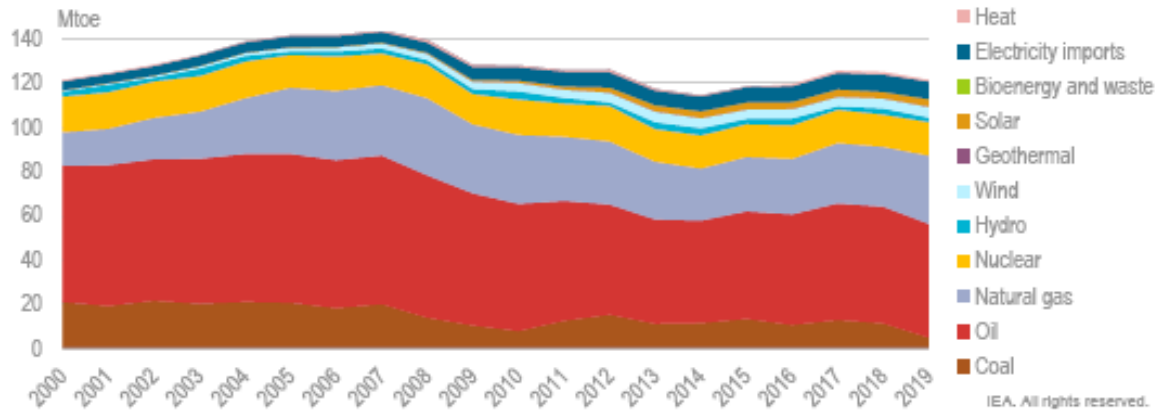


Figura 2.7.- Suministro total de energía en España por fuentes, 2000-19.

Notas: Mtep = millones de toneladas equivalentes de petróleo. La parte de la geotermia no es visible a esta escala.

El **suministro total de energía (TES)** está dominado por el **Petróleo y el Gas**, que representaron el 42% y el 25% del TES, respectivamente, en 2019.

El TES fue de 121 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2019, con otros 12 Mtep de productos petrolíferos utilizados en el búnker marítimo internacional y en la aviación. Sin embargo, la participación de las energías renovables aumentó significativamente entre 2009 y 2019, alcanzando el 15% del TES en 2019, frente al 11% en 2009.

2.3.2.- El consumo de Energía en España

EL consumo final total (TFC) fue de 86 Mtep. en 2019.

La evolución del consumo de energía se aprecia en la Figura 2.8. Tras alcanzar su máximo en 2007, el TFC disminuyó en España como consecuencia de la crisis económica hasta 2014, cuando comenzó a aumentar de nuevo hasta alcanzar los 86 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) en 2019. La mayoría de estos cambios fueron guiados por los sectores del transporte y la industria, que sufrieron impactos en el consumo a partir de la crisis de 2008.

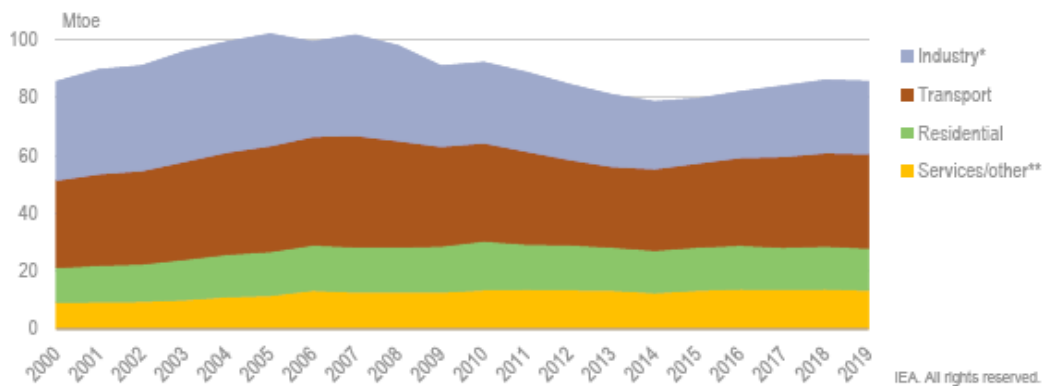


Figura 2.8.- Consumo final de Energía por sector entre 2000 y 2019

* La industria incluye el consumo no energético.

** Servicios/otros incluye servicios comerciales y públicos, y agricultura y silvicultura.

Fuente: AIE (2021), IEA World Energy Statistics and Balances (base de datos),
www.iea.org/statistics

El transporte y la industria son los sectores que más energía consumen, representando el 38% y el 29% del consumo final total (TFC), respectivamente, seguidos de los sectores residencial (17%) y de servicios (16%).

Por fuentes en los distintos sectores los consumos fueron:

- En transporte e industria destacan en consumos con una alta proporción el petróleo (51%) y el gas (17%).

- La electricidad, por el contrario, se utilizó en gran medida en los sectores de servicios (53%) y residencial (43%).
- La bioenergía y los residuos también fueron una fuente importante de energía para el consumo residencial en 2019, representando el 18% del TFC en el sector.

El consumo final en España por fuentes y sectores lo podemos apreciar en la Figura 2.9 donde observamos que:

- El sector del transporte fue el que más energía consumió en 2019 (33 Mtep. y 90% petróleo).
- La industria ocupa el segundo puesto (25 Mtep. y con fuentes casi a partes iguales por el gas, el petróleo y la electricidad).
- Los **sectores residencial** y de servicios utilizaron **15 Mtep** y 13 Mtep en 2019, respectivamente. La electricidad es el primer vector energético utilizado en estos sectores, seguido por el petróleo y el gas. La bioenergía tiene un papel importante en el consumo residencial cubriendo el 18% de la demanda del sector.

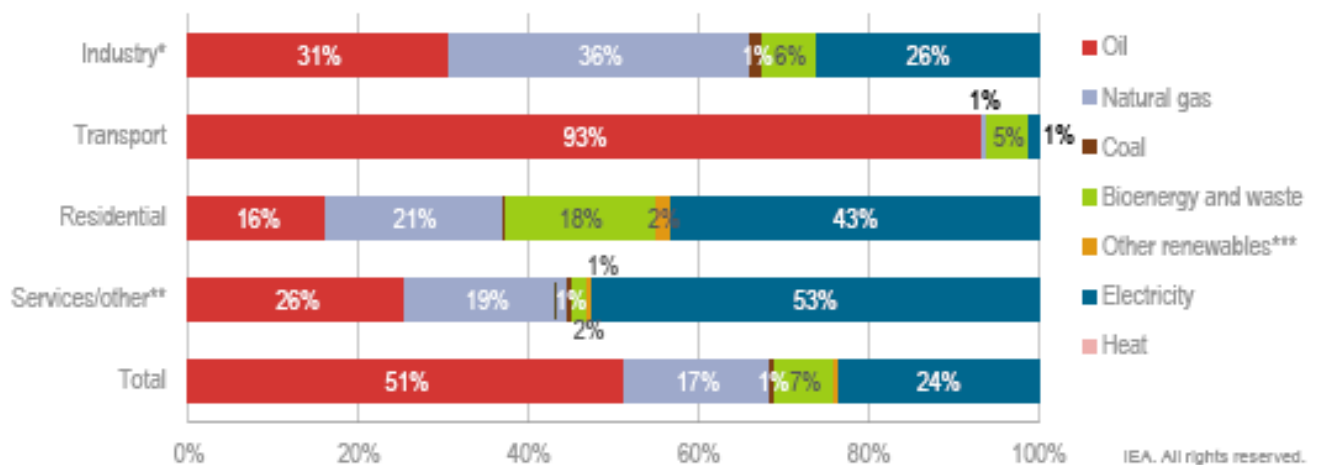


Figura 2.9.- Consumo final total de España por fuentes y sectores, 2019.

Fuente: AIE (2021), IEA World Energy Statistics and Balances (base de datos),. [5]

El consumo de energía por sectores en España se puede observar de forma detallada en la Tabla 2.2 de la página siguiente, de un avance del consumo de 2019 según fuentes del MITER/IDAE: [7]

	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	RESIDUOS	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
Industria	924	2.909	8.414		1.589	6.528	20.365
Extractivas (no energéticas)		146	158		1	177	482
Alimentación, bebidas y tabaco	25	281	929		218	915	2.368
Textil, cuero y calzado		26	172		3	180	380
Pasta, papel e impresión		80	447		669	505	1.701
Química (incluyendo petroquímica)	122	81	2.593		6	791	3.593
Minerales no metálicos	9	1.385	1.820		265	545	4.024
Siderurgia y fundición	767	79	574		0	1.141	2.563
Metalurgia no férrea	1	72	509		0	665	1.247
Transformados metálicos		113	257		1	454	825
Equipo de transporte		23	240		0	379	643
Construcción		565	493		40	301	1.400
Madera, corcho y muebles		23	76		320	177	597
Otras industrias		35	145		65	299	544
Transporte		35.623	239		1.631	339	37.831
Carretera		27.160	184		1.625	13	28.983
Ferrocarril		83				299	382
Marítimo interior		1.037			1		1.038
Aéreo: aviación interior		2.378					2.378
Aéreo: aviación internacional		4.890					4.890
Oleoductos			55			24	79
Otros transportes no especificados		74			5	2	81
Usos diversos	139	5.840	5.558	5	3.120	13.299	27.962
Agricultura		1.876	196		78	462	2.612
Pesca		282	1		6	9	298
Comercio, Servicios y Administraciones Públicas		1.249	2.323	5	184	6.417	10.177
Residencial	65	2.397	3.009		2.834	6.275	14.580
Otros usos diversos no especificados	74	36	30		19	136	294
TOTAL	1.063	44.372	14.212	5	6.340	20.166	86.158

Tabla 2.2.- Consumo energético por sectores en España. Unidad de medida Ktep.

2.4.- EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂.

2.4.1.- Emisiones a nivel mundial.

Las emisiones de CO₂ entre 1971 y 2019 se han visto duplicadas como se observan en las gráficas de la Figura 2.10 pasando de 15,4 Mt de CO₂ a los 36,3 Mt en 2019.

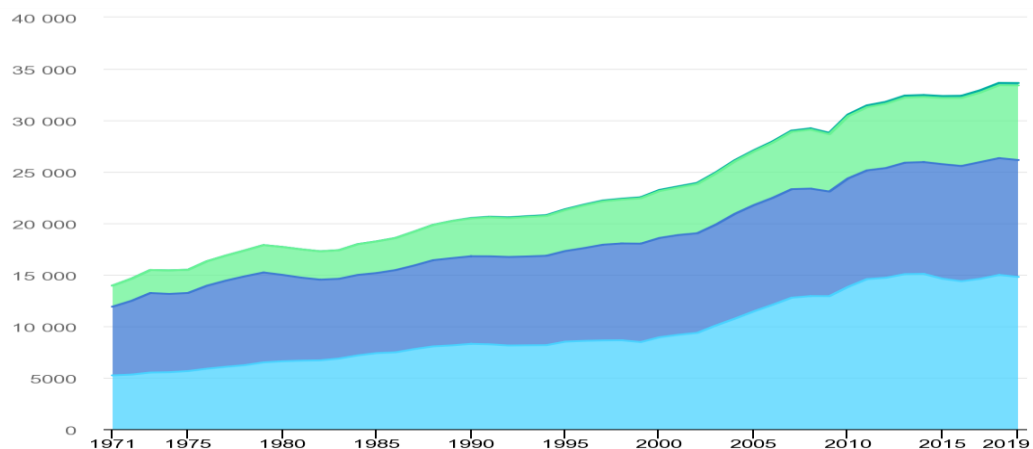


Figura 2.10.- AIE, Emisiones mundiales de CO₂ por combustión de combustible por combustible, 1971-2019,

Fuente: AIE, París <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-CO2-emissions-from-fuel-combustion-by-combustible-1971-2019>, AIE. Licencia: CC BY 4.0

Las cuotas en emisiones de CO₂ por combustibles son las de la Tabla 2.3

	GAS			EMISIÓN
	CARBÓN	NATURAL	PETRÓLEO	TOTAL DE CO ₂
1973	35,7 %	14,4 %	49,9 %	15641 Mt
2019	44,0 %	21,6 %	33,7 %	33622 Mt

Tabla 2.3.- Evolución de las emisiones de CO₂

Tabla de elaboración propia a partir de datos del AIE

Se nota un incremento de las emisiones que va en paralelo a los incrementos en los consumos. El gas natural incrementa su papel en las emisiones debido a su participación cada vez mayor en las cuotas de consumos.

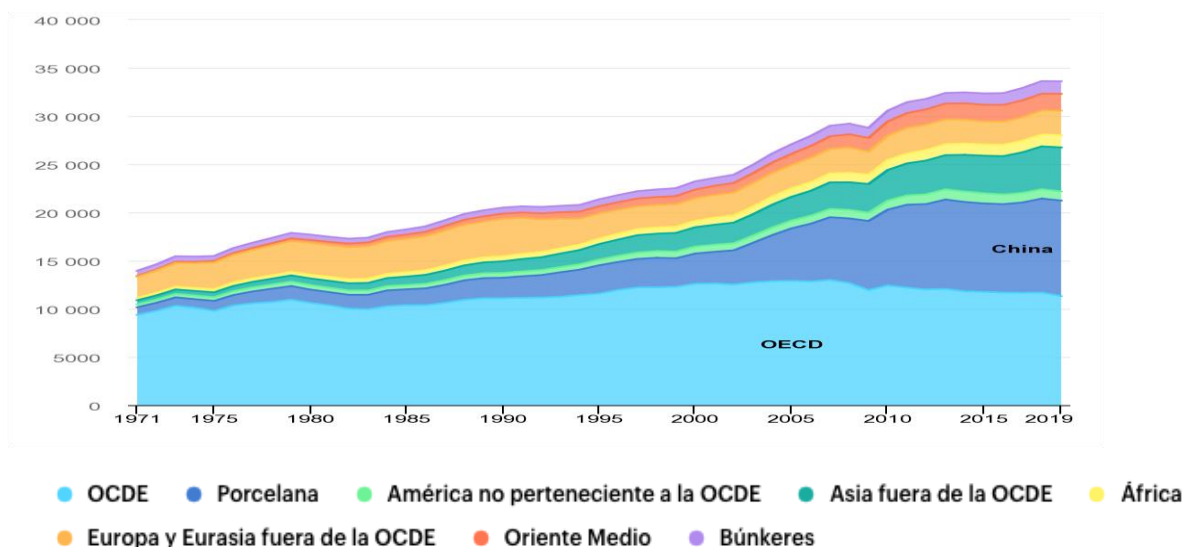


Figura 2.11.- Emisiones mundiales de CO₂ por combustión de combustible por región, 1971-2019

AIE, París [https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-CO₂-emissions-from-fuel-combustion-by-region-1971-2019](https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-CO2-emissions-from-fuel-combustion-by-region-1971-2019), IEA. Licencia: CC BY 4.0

En la Figura 2.11 se puede ver el incremento por regiones en cuanto a las emisiones de CO₂, destaca el aumento en las emisiones de China y de otros países no OCDE. En la Figura 2.12 vemos los porcentajes.

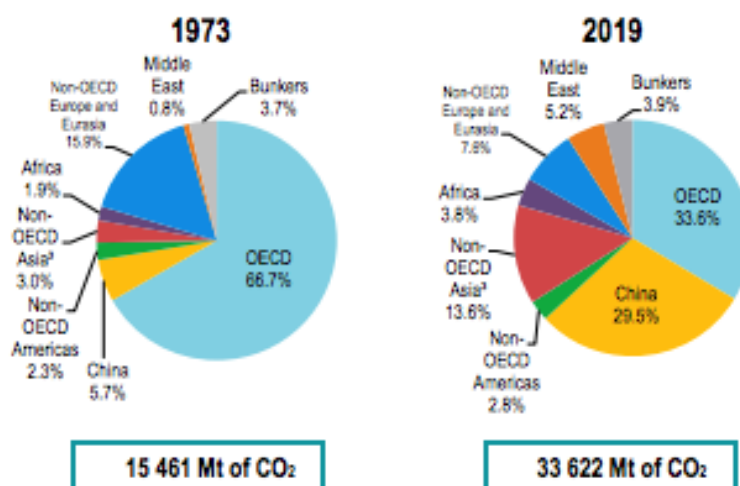


Figura 2.12.- Evolución por regiones de emisiones de CO₂.

. Fuente: IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2021

Por regiones (Tabla 2.4) observamos un descenso en los porcentajes de los países de la OECD, aunque mantienen su producción de CO₂ en los mismos niveles aproximadamente y un aumento considerable de la emisión de CO₂ en regiones como China y países Asia NO OECD:

	Porcentaje 1973	Emisión total	Porcentaje 2019	Emisión total
OECD	66,70	10312,49	33,60	11296,99
China	5,70	881,28	29,50	9918,49
Asia No OECD	3,00	463,83	13,60	4572,59

Tabla 2.4.- Comparativa de emisiones totales de CO₂ (Mt de CO₂) en varias regiones del mundo.

Tabla de elaboración propia a partir de datos publicados en el IEA.

La pandemia de Covid-19 tuvo un impacto de gran alcance en la demanda de energía en 2020, reduciendo las emisiones globales de CO₂ en un 5,2 %. En el periodo postpandemia se ha visto una recuperación económica extremadamente rápida, impulsada estímulos fiscales y monetarios sin precedentes y la implementación rápida, aunque desigual, de vacunas.

El clima adverso y las condiciones del mercado energético implicaron que hubiese un incremento en el consumo de carbón a pesar de que la generación de energía renovable también registró su mayor crecimiento anual histórico. Las emisiones aumentaron en casi 2,1 Gt en 2021 desde los niveles de 2020. El año 2021 queda como el año con el mayor aumento interanual de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en términos absolutos.

El aumento en las emisiones de CO₂ fue del 6% en 2021, estando en relación directa con la producción económica mundial que se incrementó un 5,9%.

Así, por sectores, en el siguiente cuadro (Figura 2.13) se observan un descenso en las emisiones generadas durante la pandemia y el incremento en las emisiones en postpandemia:

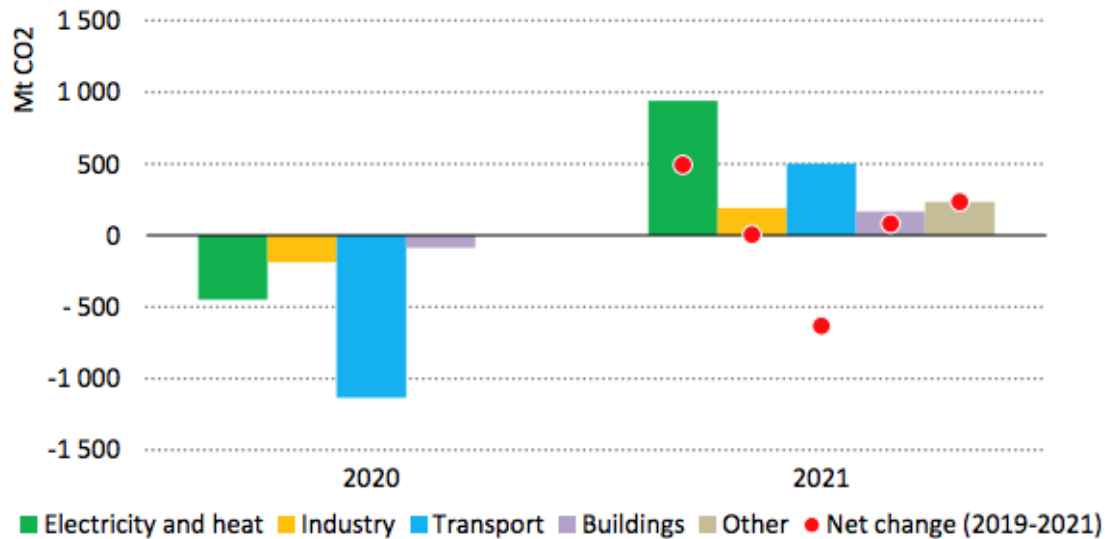


Figura 2.13.- Evolución de las emisiones de CO₂ durante y postpandemia.

Fuente IEA (2022), Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2021, IEA, Paris
<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021>

El sector transporte como se puede ver en la gráfica fue el más afectado en la crisis y este hecho impactó directamente en el descenso de CO₂ generado por este sector.

Las emisiones generadas en edificios descendieron ligeramente, provocados por el cierre de edificios públicos probablemente.

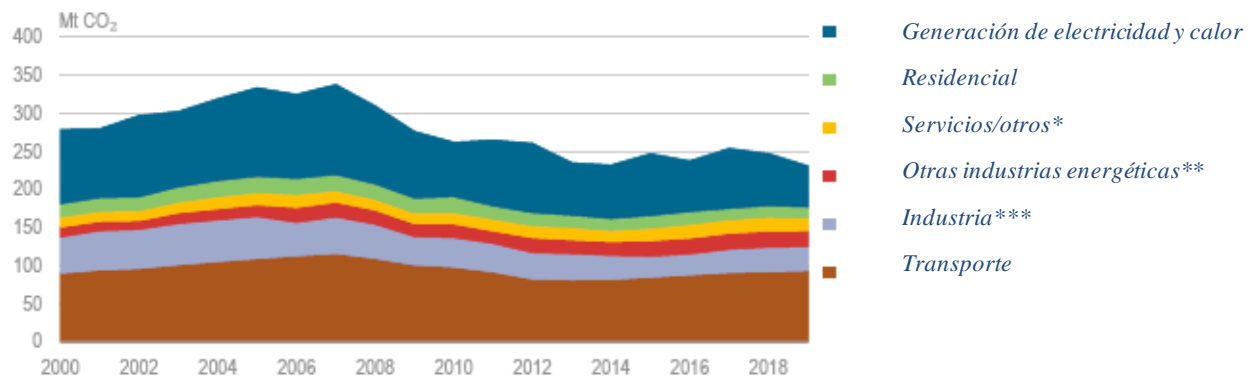
En 2021 las emisiones vuelven a tener un repunte considerable.

2.4.2.- Emisiones de CO₂ en España.

En 2019, las **emisiones de CO₂** relacionadas con la energía en España ascendieron a **230,9 Mt de CO₂**. Eso supone un 31,7% de reducción respecto al máximo alcanzado en 2007, (Figura 2.14). Las emisiones relacionadas con la energía se redujeron significativamente tras la crisis financiera mundial de 2008/09, sobre todo en la generación de electricidad. Desde 2013 las emisiones han dejado de disminuir en otros sectores (industria, transporte, residencial).

El sector del transporte fue el mayor emisor de CO₂ en 2019, representando el 41% del total de la combustión de combustibles, seguido de la generación de electricidad y calor (23%), la industria (14%), otras energías (por ejemplo, refinerías, extracción de petróleo y gas) (9%), servicios (7%) y **residencial (6%)**.

Las emisiones de CO₂ en el sector del transporte han seguido creciendo desde 2013, ya que España depende en gran medida del transporte por carretera, basado en una infraestructura de transporte por carretera bien desarrollada de transporte por carretera. El segundo mayor emisor de CO₂, la generación de electricidad y calor, tuvo un aumento de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía hasta 2007. Desde entonces, las emisiones de la generación de electricidad y calor han seguido una tendencia a la baja, con fluctuaciones (dependientes de las condiciones meteorológicas) que se correlacionan con el creciente uso de la energía eólica y solar para generar electricidad.



Nota: Mt CO₂ = millones de toneladas de dióxido de carbono.

Figura 2.14.- Emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en España por sectores, 2000-19

* Los servicios/otros incluyen los servicios comerciales y públicos, la agricultura/silvicultura y la pesca.

** Otras industrias energéticas incluye las emisiones de las refinerías de petróleo, los hornos de coque, las minas de carbón y la extracción de petróleo y gas.

*** La industria incluye las emisiones de CO₂ de los minerales no metálicos, la industria química y petroquímica, el hierro y el acero.

Fuente: AIE (2021), IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion Statistics (base de datos), www.iea.org/statistics.

Las emisiones relacionadas con las fuentes energéticas se pueden apreciar en el gráfico siguiente (Figura 2.15), donde el petróleo representó el 61% del total de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en 2019, seguido del gas natural (31%) y el carbón (8%).

Así por fuentes vemos la siguiente evolución:

- Las emisiones derivadas del consumo de petróleo disminuyeron a partir de 2007 y repuntaron de nuevo de 2014 a 2018 debido al aumento del consumo de petróleo en el sector del transporte. Volvieron a caer ligeramente en 2019.
- Las emisiones procedentes de la combustión de gas natural también mostraron una tendencia similar a la del petróleo durante la crisis económica. Debido al aumento de la cuota de gas en generación de electricidad, las emisiones procedentes de la combustión de gas natural en 2019 se duplicaron con creces en comparación con el año 2000.

- Las emisiones del carbón han fluctuado, dependiendo de la demanda en la generación de electricidad, pero en general han experimentado una clara tendencia a la baja en los últimos años.

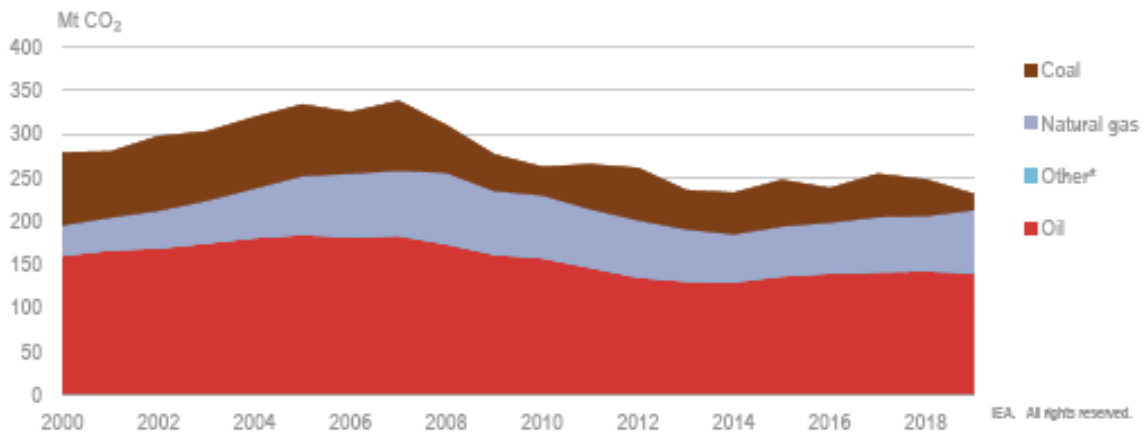


Figura 2.15.- Emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en España por fuente de energía, 2000-19.

Fuente: AIE (2021), IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion Statistics (base de datos), www.iea.org/statistics.

2.5.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EUROPA

Cada vez reviste mayor importancia para la Unión Europea la reducción del consumo y del despilfarro de energía.

La Unión estableció en 2007 el objetivo de reducir en el horizonte de 2020, el consumo anual de energía en un 20 %. En 2018, dentro del paquete de medidas «Energía limpia para todos los europeos», se marcó un nuevo objetivo fijando la reducción del consumo de energía en al menos un 32,5 % en el horizonte 2030.

Las medidas en materia de **eficiencia energética** son un medio no solo para conseguir una producción de energía sostenible, reducir las emisiones de CO₂, mejorar las redes de suministro y reducir los costes en importación, sino también para fomentar la competitividad de la Unión. Por ello, la eficiencia energética es una de las prioridades estratégicas de la Unión de la Energía y la Unión fomenta el principio de «anteponer la eficiencia energética». El futuro marco de actuación para el período posterior a 2030 se está debatiendo en el momento actual

En el Capítulo “Marco Normativo” se hace un resumen de la Normativa Europea en materia de Energía.

2.5.1.- Paquete de medidas «Objetivo 55».

El paquete de medidas «Objetivo 55» es un conjunto de propuestas de nueva legislación de la UE con el que la UE tiene previsto lograr el objetivo climático de la UE para 2030. Engloba propuestas de legislación en relación con:

- El régimen de comercio de derechos de emisión de la UE,
- El Reglamento de reparto del esfuerzo,
- El uso de la tierra y silvicultura.
- La infraestructura para combustibles alternativos,
- El Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono,
- El Fondo Social para el Clima,

- Las iniciativas «ReFuelEU Aviation» y «FuelEU Maritime»,
- Las normas sobre emisiones de CO₂ para turismos y furgonetas,
- La fiscalidad de la energía,
- Las energías renovables,
- La eficiencia energética,
- La eficiencia energética de los edificios.

2.5.2.- Energías renovables.

El paquete de medidas «Objetivo 55» incluye una propuesta de revisión de la Directiva sobre Fuentes de Energía Renovables. En ella se aumenta, para 2030, a un mínimo del 40 % el objetivo actual de al menos el 32 % de fuentes de energía renovables en la combinación energética global.

2.5.3.- Eficiencia energética.

La Comisión ha propuesto revisar la **Directiva de Eficiencia Energética** vigente aumentando el actual objetivo de eficiencia energética a escala de la UE del 32,5 % al 36 % para el consumo de energía final y al 39 % para el consumo de energía primaria.

Por otra parte, se han presentado varias disposiciones para acelerar los esfuerzos de los Estados miembros en relación con la eficiencia energética, como una mayor obligación de ahorro de energía anual y nuevas normas tendentes a reducir el consumo energético de los edificios en el sector público, así como medidas específicas para proteger a los consumidores vulnerables.

El 27 de junio de 2022, el Consejo adoptó una orientación general sobre la nueva normativa propuesta. El siguiente paso será la negociación con el Parlamento Europeo.

2.5.4.- Eficiencia energética de los edificios.

Los edificios son responsables del 40 % de la energía consumida y del 36 % de las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía. Los países de la UE están trabajando en la revisión de la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios para que los edificios de la UE sean más eficientes desde el punto de vista energético de aquí a 2030 y después de esa fecha.

Los objetivos principales de las nuevas normas son los siguientes:

- Todos los edificios nuevos deben ser edificios de cero emisiones de aquí a 2030;
- Los edificios ya existentes deben transformarse en edificios de cero emisiones de aquí a 2050.

En octubre de 2022, los Estados miembros de la UE, reunidos en el seno del Consejo, acordaron una posición común sobre la propuesta de la Comisión de revisión de la Directiva. El siguiente paso será la negociación con el Parlamento Europeo.

2.6.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

La estrategia energética global de España emplea el **principio de “primero la eficiencia”**. En todos los sectores, los objetivos de transición energética de España pasan en gran medida por la reducción del consumo.

El Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, así como el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (**PNIEC**) [8] , recogen una serie de medidas para mejorar la eficiencia y reducir el consumo en todos los sectores económicos, incluidos el transporte, la edificación y la industria.

La participación de las energías renovables (incluidos los residuos no renovables) en la matriz eléctrica nacional creció del 24 % en 2009 al 38% en 2019, impulsadas por un repunte en las inversiones en este tipo de energías que habían decaído entre 2013 y 2018.

Más allá del sector eléctrico, el Gobierno prevé ampliar el autoconsumo de renovables y la generación distribuida, así como impulsar el uso de renovables en los sectores de la industria y **la calefacción**. También tiene planes para apoyar la producción de biocombustibles avanzados y gases renovables, así como hidrógeno.

Para integrar más energías renovables en otros sectores de la economía, el gobierno tiene una estrategia de cuatro puntos:

- 1º). La eficiencia energética primero.
- 2º). Electrificación basada en energías renovables.
- 3º). Almacenamiento.
- 4º). Electrificación indirecta a través de gases renovables, principalmente hidrógeno.

3. Energía y climatización.

El sector residencial consumió 14,5 Mtep en 2019, representando el 17% del TFC. Después de alcanzar su máximo en 2010, el consumo de energía del sector residencial disminuyó y se mantuvo relativamente constante entre 2013 y 2019 (Figura 3.1). En las últimas décadas, **la contribución de la electricidad al consumo energético residencial ha aumentado, mientras que los combustibles fósiles han disminuido.**

Entre 2009 y 2019, el suministro de electricidad a los edificios residenciales aumentó un 2%, mientras que el petróleo y el gas natural disminuyeron un 29% y un 18%, respectivamente. Las energías renovables también aumentaron en el mismo periodo de tiempo, con la bioenergía aumentando un 4% y la geotermia y la solar aumentando un 132% y un 38%, respectivamente. Sin embargo, siguen representando una parte menor del consumo total de los edificios residenciales.

Como resultado, en 2019, **la electricidad fue la principal fuente de energía para el sector**, representando el 43% del consumo total de energía, seguida del **gas natural (21%)**, la bioenergía (18%) y el petróleo (16%). Otras energías renovables (principalmente la solar) representaron solo el 2%, pero han ido aumentando en los últimos años.

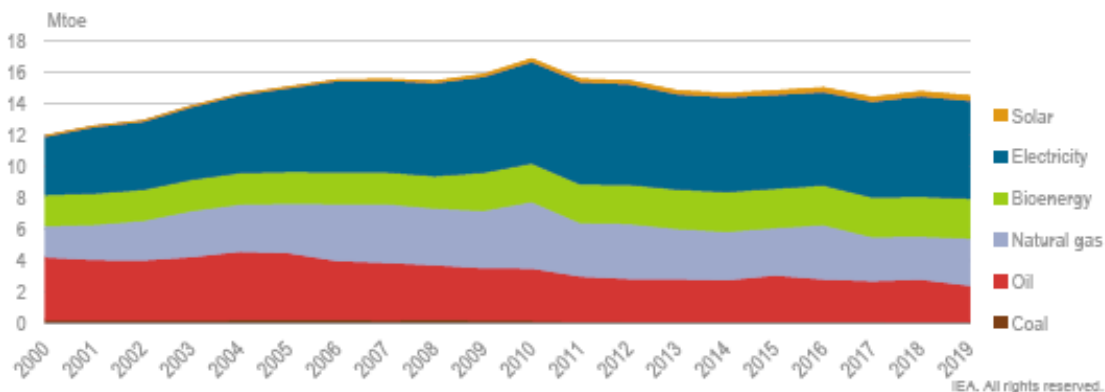


Figura 3.1.- Consumo de energía en el sector residencial en España por combustible, 2000-2019.

Fuente: AIE (2021), IEA World Energy Statistics and Balances (base de datos), www.iea.org/statistics.

En 2018, el 42% de la energía consumida por los edificios residenciales se utilizó para la calefacción de espacios, seguido de los electrodomésticos y el calentamiento del agua, que fueron responsables de alrededor del 26% y 17% del consumo total de energía residencial, respectivamente (Figura 3.2).

El consumo de energía para la calefacción de espacios y el calentamiento del agua ha disminuido en la última década, mientras que los electrodomésticos han aumentado su consumo en casi un 60% entre 2008 y 2018.

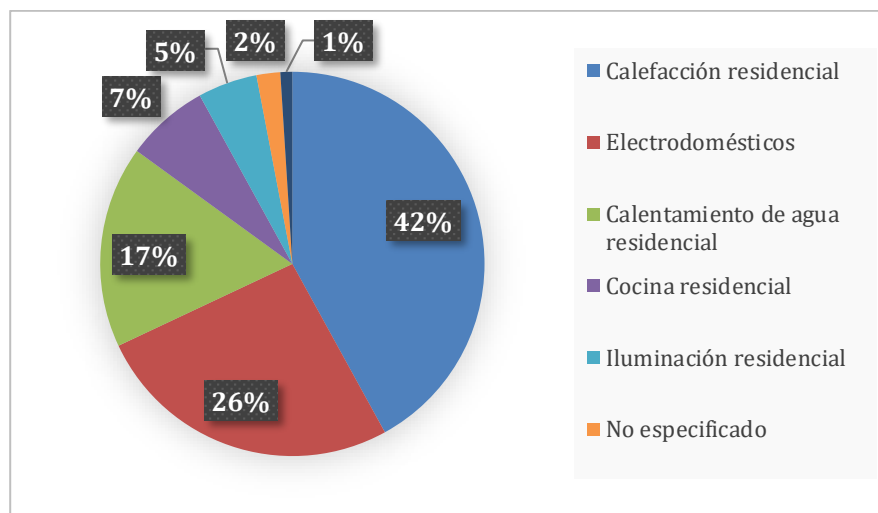


Figura 3.2.- Desglose del consumo de energía en el sector residencial en España por uso, 2018.

Fuentes: Elaboración propia a partir de datos del AIE (2020), Indicadores de Eficiencia Energética 2020 ., www.iea.org/statistics

3.1.- LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN.

3.1.1.- Plan nacional de acción para la eficiencia energética (PNEE).

En España el **Plan Nacional de Acción para la Eficiencia Energética (PNEE) 2017-2020** se adoptó como una de las principales herramientas para las políticas y medidas de eficiencia energética. El PNEE destaca las siguientes medidas de eficiencia en el sector de los edificios, varias de las cuales ya están en marcha:

1. Eficiencia energética en los edificios existentes del sector residencial: En línea con una estrategia de renovación de edificios a largo plazo actualizada, el Gobierno promoverá la mejora energética del parque de edificios existente, dando **prioridad a la envolvente térmica** de los edificios y a **las instalaciones térmicas de calefacción, refrigeración y agua caliente**. Las actividades se llevarán a cabo mediante subvenciones y otros instrumentos de financiación, basándose en el programa PAREER. El gobierno espera que las medidas logren 4 756 ktep de ahorro de energía final acumulado durante 2021-30, así como la mejora de viviendas con un coste total de 5.500 millones de euros, financiados principalmente por los Fondos Estructurales y de Inversión Europeos.

2. Renovación del equipamiento residencial: Centrado en los electrodomésticos, con una con prioridad a los electrodomésticos de mayor consumo energético, como frigoríficos y lavadoras.

3. Eficiencia energética en los edificios del sector servicios: El Gobierno ampliará una obligación de renovar los edificios públicos y ofrecerá opciones de financiación para la mejora de otros edificios de servicios, incluyendo la ampliación de los programas de apoyo público como el PAREER y la formación de los agentes implicados en las mejoras energéticas. Las ayudas incluirán la envolvente térmica, las instalaciones térmicas y los sistemas de iluminación.

4. Eficiencia energética para equipos de refrigeración y grandes sistemas de aire acondicionado en el sector de los servicios y las infraestructuras públicas.

3.1.2.- Plan nacional integrado de energía y clima (PNIEC) 2021-2030.

Define los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de penetración de energías renovables y de eficiencia energética.

El plan responde a la obligación de acelerar la lucha contra el cambio climático y mejorar nuestro bienestar acorde con las agendas y calendarios que ya han establecido la Comisión Europea, el Convenio de Cambio Climático (Acuerdo de París) y la ONU (Objetivos de Desarrollo Sostenible).

Determina las líneas de actuación y la senda que, según los modelos utilizados, es la más adecuada y eficiente, maximizando las oportunidades y beneficios para la economía, el empleo, la salud y el medio ambiente; minimizando los costes y respetando las necesidades de adecuación a los sectores más intensivos en CO₂.

El texto fue aprobado por Resolución de 25 de marzo de 2021 conjunta de la Dirección General de Política Energética y Minas y de la Oficina Española de Cambio Climático, y enviado el 31 de marzo de 2020 a la Comisión Europea y coincide con el que actualmente se encuentra incluido en la fase de consulta pública del Estudio Ambiental Estratégico (EAE) del plan.

Las medidas contempladas en el PNIEC permitirán alcanzar los siguientes resultados en 2030:

- 23% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía.
- 39,5% de mejora de la eficiencia energética.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

3.2.- CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN URBANA

En 2019, había 414 redes de calefacción o refrigeración urbana con una potencia total instalada de 1 576 megavatios (MW). De ellos, 1 189 MW eran redes de calefacción y 386 MW eran redes de refrigeración. El 80% de las redes utilizan energías renovables en su energía. El consumo de energía final de la calefacción y la refrigeración urbanas en 2017 fue de 41,5 ktep, o el 0,15% del consumo de energía final de todo el sector de la calefacción y la refrigeración.

Una evaluación completa del potencial de uso de la cogeneración de alta eficiencia y de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración se llevó a cabo en 2015, de acuerdo con las directivas europeas. El objetivo era **analizar la viabilidad técnica y económica** de los sistemas de cogeneración de alta eficiencia, sistemas de cogeneración y redes urbanas de calor y frío en España.

Tres grupos generales son los propietarios de las redes urbanas de calefacción y refrigeración en España:

1º.- Los sistemas municipales de calefacción y refrigeración de distrito en España propiedad de **asociaciones público-privadas**. La estructura de propiedad de estas corporaciones, que se crean exclusivamente para desarrollar y gestionar grandes infraestructuras, suele estar formada por uno o varios organismos públicos (municipales, autonómicos o nacionales) y un operador privado que gestiona la red. Este grupo representa más de un tercio de la capacidad total instalada en el país y se espera que siga creciendo en los próximos años. Las redes suelen estar vinculadas a planes de renovación urbana o a nuevos planes urbanísticos y suelen ser tecnológicamente avanzadas, eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

2º.- Los **sistemas públicos** de calefacción y refrigeración de distrito propiedad de organismos públicos locales (consejos municipales o coaliciones energéticas locales) y dan servicio a edificios municipales, como oficinas administrativas, instalaciones deportivas o viviendas sociales. Este grupo representa aproximadamente el 32% de la capacidad total

instalada y ha crecido de forma constante gracias a programas de financiación europeos como el Social Europeo y el FEDER.

3º.- Los sistemas privados de calefacción y refrigeración a distancia incluyen sistemas propiedad de empresas privadas para satisfacer la demanda de energía necesaria para sus actividades (hoteles, granjas, etc.) y las asociaciones de vecinos. Este grupo representa aproximadamente el 35% de la capacidad total instalada.

En cuanto a la tecnología y los combustibles, en 2019 alrededor de **tres de cada cuatro redes utilizaron Biomasa de forma exclusiva o combinada** con otros combustibles, normalmente debido a su proximidad a pequeños y medianos municipios, explotaciones agrícolas y fábricas. Por otro lado, el 22% de las redes utilizan exclusivamente combustibles convencionales como el gas natural, el GLP y el gasóleo. Según datos del gobierno español, el uso exclusivo de renovables en las redes de calefacción y refrigeración urbanas ha aumentado en los últimos años, pasando del 16% en 2015 al 22% en 2019.

3.3.- ENERGÍAS RENOVABLES EN LA CLIMATIZACIÓN

El **Nuevo Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030** de España incluye ambiciosos planes para duplicar la contribución de las renovables en el sector de la calefacción y la refrigeración para 2030.

La Directiva de Energías Renovables pide a los Estados miembros que aumenten la cuota de las energías renovables en la calefacción y la refrigeración en un 1,3% anual desde el nivel alcanzado en 2020.

El Gobierno pretende ampliar las instalaciones de calefacción y refrigeración urbanas que utilizan fuentes renovables a partir de los bajos niveles actuales. En la actualidad, sólo el 0,15% del sector de la calefacción y la refrigeración utiliza redes de calefacción y refrigeración urbanas.

El Gobierno está llevando a cabo una evaluación que incluirá:

- una estimación de demanda de calefacción y refrigeración por sectores
- una estimación de la oferta actual de calefacción y refrigeración por tecnología
- identificación de cualquier instalación que genere calor o frío residual y su potencial para proporcionar calefacción o refrigeración
- una previsión de las tendencias de la demanda de calefacción y de calefacción y refrigeración en los próximos 30 años
- un análisis del potencial económico de varias tecnologías, incluidas las bombas de calor junto con una visión general de las medidas legislativas y no legislativas que permitirán este potencial económico.

El resultado de esta evaluación servirá de base para las futuras medidas políticas para las energías renovables en el sector de la calefacción y la refrigeración.

4. District Heating (DH).

El sistema conocido como District Heating es un sistema de generación de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) y en algunos casos de refrigeración (District Heating & Cooling) en el que la producción de calor no se realiza necesariamente en los edificios, sino que se dispone de un sistema a escala urbana (Central Térmica) que realiza esta función.

Para la distribución del calor generado desde la Central, se emplean redes de conductos urbanos (redes de distrito), que transportan fluidos térmicos para satisfacer la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria y/o frío de los edificios conectados.

Se considera un sistema que mejora la eficiencia energética y por consiguiente los costes, aparte de que se reducen las emisiones de CO₂.

Además, hay sistemas de District Heating que aprovechan la energía térmica residual de procesos industriales o de cogeneración en los que se realiza una producción simultánea de electricidad, calor e incluso frío (trigeneración). También podemos encontrar sistemas geotérmicos, grandes centrales de Biomasa, e incluso sistemas solares a gran escala.

4.1.- ORÍGENES DEL DISTRICT HEATING.

Los sistemas de calefacción o generación de agua caliente sanitaria de distrito no son sistemas que se hayan inventado recientemente. Ya en la época romana, (desde los siglos IV Y II a.C), se construyeron baños públicos (las famosas termas romanas), que utilizaban agua caliente procedente de las “salas de calderas externas”.

En la Edad Media, en Francia en 1332, se construyó un sistema de distribución de agua caliente urbana basado en la obtención de energía geotérmica, (pueblo de Valois en Chaudes-Aigües). Se realizó a base de troncos huecos de madera que distribuyen al agua del manantial termal de Par procedente del Macizo Central. Se trata del sistema más antiguo aún en funcionamiento, y sigue abasteciendo a 30 viviendas.

En 1770, en plena revolución industrial, James Watt empezó a usar el vapor para calentar su fábrica. Más tarde, en Londres, se instalaron “edificios calientes” retirados de las zonas urbanas para cumplir esta función de suministro de calefacción.

En 1818, con la técnica conocida como Logoni Techada, en Italia se utilizó la energía geotérmica (se realizó la absorción de los vapores volcánicos para alimentar bombas de aguas bóricas).

El primer Distric Heating tal y como lo conocemos ahora se instaló en Lockport, Nueva York en 1877, el creador fue el ingeniero Birdsill Holly. [9]

4.2.- COMPONENTES DE UN DH.

4.2.1.- Central de generación

Son centrales de alto rendimiento y bajo coste energético para cubrir la demanda del distrito. Consisten en grandes plantas de calderas y/o cogeneración, basadas en la medida de lo posible en combustibles no fósiles como Biomasa o residuos orgánicos, geotermia y/o combustibles fósiles. El gas natural y el carbón son los combustibles fósiles más predominantes, aunque el carbón va disminuyendo su consumo.

4.2.2.- Red de tuberías de distribución

La red de tuberías de los sistemas de district heating permite la distribución de los fluidos desde las centrales de producción hasta los consumidores finales.

Los antiguos sistemas realizaban la distribución de calor con vapor y actualmente todos los sistemas se basan en agua.

Los tubos deben estar aislados y generalmente van enterrados. Existen sistemas de 2 y 4 tubos. Las redes de 4 tubos dan servicio de calor y frío de forma continuada, mientras las redes de 2 tubos están especializadas en calor o frío (estas últimas no son habituales en Europa).

La red suele estructurarse en distintos niveles, en función de la energía a transportar:

- Red troncal: conduce el calor (o el frío) desde grandes centrales de DH/DC hasta las redes locales de distribución. Suelen ser generalmente tubos metálicos preaislados de grandes diámetros, operando a altos caudales y presiones.
- Ramales: conducen el calor (o el frío) desde la red troncal, o bien desde una pequeña central a los usuarios.
- Acometidas o ramales de servicio a clientes: Son la conexión desde los ramales de cada usuario, hasta la subcentral. Para usuarios pequeños, suelen emplearse

conjuntos bitubo de plástico preaislados, por ser sistemas de bajo coste y menores pérdidas térmicas.

4.2.3.- Subcentrales

La transferencia térmica entre la red de distribución y los consumidores (edificios o viviendas) se realiza en conjuntos homologados por el operador del distrito, en los que se establece el límite de propiedad/responsabilidad entre la red y el consumidor, y se contabiliza la energía consumida.

Las subcentrales adecúan la presión y la temperatura de la red de distribución a las condiciones necesarias para el consumo del edificio, y garantizan los saltos de temperatura necesarios para una buena eficiencia del sistema.

Las subcentrales incorporan un equipo de regulación y control, los ya mencionados contadores de energía, intercambiadores de calor y sistemas de almacenamiento térmico. El sistema de agua caliente sanitaria del usuario siempre será un circuito independiente de la red, puesto que debe cumplir unas condiciones higiénicas especiales. [10]

4.3.- EL DH EN EUROPA Y ESPAÑA: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS.

En la actualidad alrededor de un 8,5% de la demanda total de calor a nivel mundial se satisface a través de sistemas de calefacción urbana.

En Europa, entre el 75% y el 80% de la capacidad de calefacción instalada proviene de calderas individuales, principalmente de gas natural. Los sistemas de calefacción urbana representan aún unos porcentajes pequeños en relación con los sistemas individuales. Los porcentajes varían entre países de Europa. Países con climas fríos como Suecia o Dinamarca presentan porcentajes significativamente mayor que otros con un porcentaje por encima del 45% [11] , frente a países como países bajos o Suiza que apenas llegan al 5%.

España tiene unas cuotas de participación en estos porcentajes insignificantes. Tal y como muestra WeDistrict [12] , el porcentaje sobre el total de sistemas de calefacción no alcanza el 1%. En España están censadas en el año 2022, un total de 516 redes, de las cuales el 75% son de producción de calor y el 25% restante son de producción de frío. Suministrando energía más de 6000 edificios, siendo Cataluña, Madrid y Navarra, las comunidades autónomas que representan más del 70% de la potencia total instalada [13]

La perspectiva de los sistemas Distric Heating es alentadora. Los beneficios ambientales son varios: Además de la reducción en el consumo de combustible, la IEA reconoce que la calefacción urbana es una parte importante de la descarbonización del sector de la calefacción, ya que integra fuentes de energía limpias y flexibles en la combinación energética. Por otro lado, si se sustituye el gas natural como fuente de energía y se reemplaza por el de una central de cogeneración (calor y electricidad), se puede reducir hasta el 60% del consumo de combustible. Si se sustituye una fuente de gas natural por una que aproveche el calor residual industrial o de una planta solar térmica, el ahorro podría llegar al 100%. [11]

Frente a las ventajas un inconveniente significativo son las altas inversiones de capital en la infraestructura de estos sistemas, Se debe hacer una planificación en las futuras infraestructuras urbanísticas para que incluyan redes de distrito.

4.4.- EL DH DE VALLECAS.

En 2009, comienza en el entorno de las antiguas colonias de San Francisco Javier y de Nuestra Señora de los Ángeles en Puente de Vallecas la reconstrucción de un nuevo barrio construido entorno a las instalaciones de la nueva Central Térmica.

Esta **Central Térmica** formada por el **District Heating (DH)**, el **área de gestión de residuos**, y todo el **conjunto de redes subterráneas y subcentrales**, será la encargada de suministrar al nuevo Ecobarrio, la distribución de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS). [14]

Sin duda, supone una gran mejora debido a que el antiguo barrio estaba formado por un conjunto de edificios que datan de mediados del siglo XX (Figura 4.1), los cuales carecían de las prestaciones de bienestar térmico que hoy en día son un mínimo indispensable.



Figura 4.1.- Antiguo barrio de Nuestra Señora de los Ángeles, calle de Martínez de la Riva.

Fuente: <https://www.emvs.es/Proyectos/Seleccion/Paginas/CV.aspx> [15].

En la siguiente imagen (Figura 4.2), podemos observar cómo se encuentra actualmente este barrio, en concreto en la calle Martínez de la Riva. En dicha imagen podemos diferenciar el conjunto de las cinco chimeneas pertenecientes al DH, detrás, se pueden observar las diferentes grúas que están siendo empleadas para la construcción de las promociones restantes.



Figura 4.2.- Imagen extraída de la página web de Google Maps de la calle Martínez de la Riva con fecha de febrero de 2022

La siguiente imagen (Figura 4.3) pertenece a una colección de imágenes de la **Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo (EMVS)**, la cual nos permite conocer cómo eran las distribuciones de los espacios en el interior de las antiguas viviendas mediante un plano, que en este caso pertenece a la primera planta. Como se puede observar, estas dos viviendas cuentan con una superficie edificada de 50,45 m² repartidos en 1 dormitorio matrimonial, 2 dormitorios individuales, una cocina, un salón con terraza, y un baño, que habrían dado un hogar a un mínimo de 4 personas.

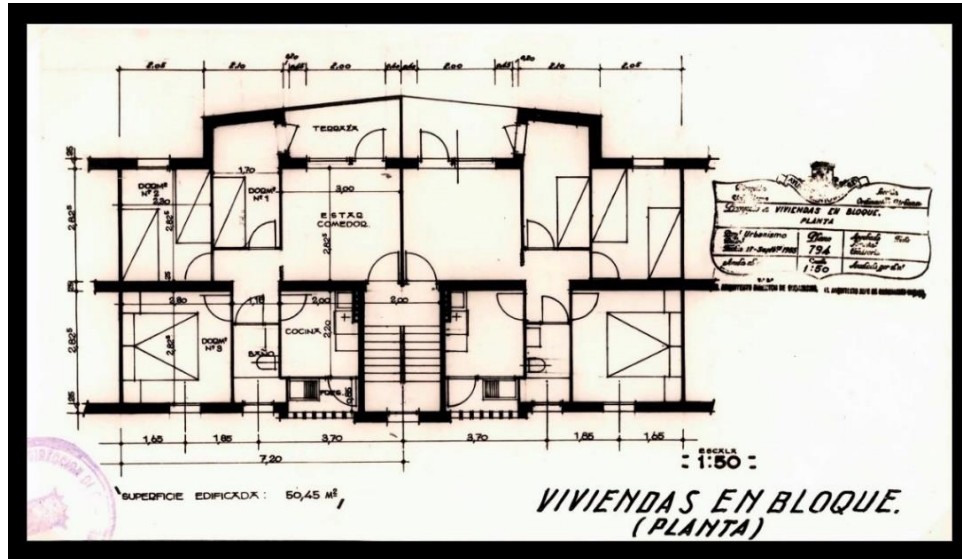


Figura 4.3.- Plano de distribución de las viviendas.

Fuente: EMVS [15].

Debido a las condiciones de estas antiguas viviendas, la EMVS realiza un proyecto formado por un conjunto de 12 promociones, que permitirán obtener un total de 1200 viviendas en este nuevo barrio. Dichas viviendas constarán de las más altas características en cuanto, al diseño energético, y estructural se refiere, además del empleo de los mejores materiales. De esta manera, se pretende crear un conjunto de viviendas con las mejores características de eficiencia energética.

Cómo se ha comentado anteriormente, las viviendas serán suministradas de calefacción y ACS por parte de la Central Térmica, a lo que habrá que sumar, el apoyo de distintos sistemas de energías renovables que se ubicarán en cada promoción.

4.5.- PARTES DE LA INSTALACIÓN.

La instalación total que ofrece el suministro a las distintas viviendas está formada por la central térmica, las redes de suministro, las subcentrales, y el apoyo de energías renovables.

4.5.1.- Central térmica.

La única parte visible a pie de calle de la Central Térmica es el conjunto formado por las 5 chimeneas exteriores (Figura 4.4), de las cuales 4 sirven para la evacuación de gases producidos por las calderas y 1 sirve para la extracción de gases producidos por la **Central Neumática de Recogida de Sólidos Urbanos (CNRSU)**.

Estas chimeneas, diseñadas por los Arquitectos: Federico Soriano y Dolores Palacios (grupo *Soriano y Asociados*), están dotadas de un estilo diferente y moderno. Cuentan con un diseño decorativo (las mayas de las chimeneas están formadas por un conjunto de leds que se iluminan por la noche,), que a la vez regula térmicamente el espacio que se encuentra bajo las chimeneas, otorgando en verano una reducción leve de la temperatura y aumentando en invierno unos grados la temperatura.



Figura 4.4.- Imagen de las 5 chimeneas pertenecientes al DH.

Imagen extraída de <https://diario.madrid.es/blog/2021/07/19/el-ayuntamiento-de-madrid-impulsa-el-ecobarrio-de-puente-de-vallecas/> [16]

En la **planta -1** encontramos la sala de calderas y el CNRSU.

En la sala de calderas se encuentran instaladas un total de 4 calderas de gas natural. En un principio se habían instalado 2 calderas de la marca *ICI Caldaie modelo CODEX 1600*, para el suministro de las promociones inicialmente construidas; debido a la finalización de varias promociones nuevas y para asegurar el suministro se ha decidido instalar 2 nuevas calderas en 2021 de la marca *Viessman modelo CRU-800*. El DH cuenta con otras 2 plataformas extras para instalar en un futuro 2 calderas más, ya que no se descarta poder abastecer a otros edificios no pertenecientes al proyecto inicial.

Actualmente, son las calderas Viessman (Figura 4.5), las encargadas de generar el agua caliente a distribuir a las distintas promociones, aunque las calderas ICI Caldaie. (Figura 4.6), son encendidas en aquellos momentos en que las otras calderas no puedan garantizar la demanda de ACS y calefacción.



Figura 4.5.- Imagen de las calderas Viessman.

Foto de elaboración propia.

En esta imagen se puede distinguir en la parte izquierda una plataforma que servirá para instalar otra caldera más en un futuro. También, se puede apreciar en la parte superior, detrás de la primera caldera, como se juntan los tubos de extracción debido a la ubicación de una chimenea.



Figura 4.6.- Imagen de las calderas ICI Caldaie.

Foto de elaboración propia

Aunque no se aprecie en esta imagen, a la izquierda está ubicada otra plataforma para instalar una nueva caldera. En la parte superior derecha se puede observar mejor, donde se encuentra ubicada la entrada de otra chimenea.

4.5.2.- Redes de suministro.

En esta sala de calderas, se encuentra ubicado todo el sistema de bombeo necesario para transportar el agua calentada en las calderas a las diferentes promociones. Este sistema está formado por un total de 6 tuberías de impulsión de agua caliente, y otras 6 tuberías con el agua de retorno para su posterior calentamiento o recirculamiento (debido a que las calderas se encienden cuando la temperatura del agua que está recirculando es menor de 65 °C).

En la siguiente imagen (Figura 4.7), podemos observar el sistema de bombeo y retorno del DH. En la parte izquierda se encuentran las tuberías pertenecientes al agua de retorno, mientras que en la derecha se distingue el conjunto de bombas que transportan el agua caliente a las subcentrales.



Figura 4.7.- Sistema de bombeo.

Foto de elaboración propia

El sistema de bombeo está formado por un conjunto de 12 bombas de la marca Grundfos. Cada circuito tiene un total de 2 bombas conectadas en paralelo, debido a que una funciona como bomba de reserva por si la otra fallase en algún momento.

La ubicación de las bombas se puede ver en la Figura 4.8.

Las bombas de los circuitos 1, 2, 3, y 4, son del modelo Grundfus MG660MDZ /87410022., mientras que las bombas de los circuitos 5 y 6 son del modelo Grundfus MG132SC2 / 87312229.



Figura 4.8.- Ubicación de las diferentes bombas

Foto de elaboración propia

El hecho de que existan distintas bombas en función del circuito se debe a que cada circuito suministra un determinado número de promociones con distintos circuitos, y por lo tanto, diferentes pérdidas hidráulicas a las que hacer frente.

En nuestro caso, el circuito que suministra a la promoción Nuestra Señora de los Ángeles 9 (NSA-09) es el circuito 2, además de suministrar también a la promoción de Nuestra Señora de los Ángeles 14 (NSA-14).

4.5.3.- Subcentrales.

Después de transportar el agua caliente por toda la red de suministro, el agua llega a la subcentral ubicada en la planta sótano, dentro de la promoción. Debido a que cada edificio consta de una instalación diferente a otros edificios, el esquema de las subcentrales es diferente en cada uno. Esto se debe a que cada edificio cuenta con una cantidad de viviendas diferentes, y no todas las promociones cuentan con los mismos sistemas de energías renovables.

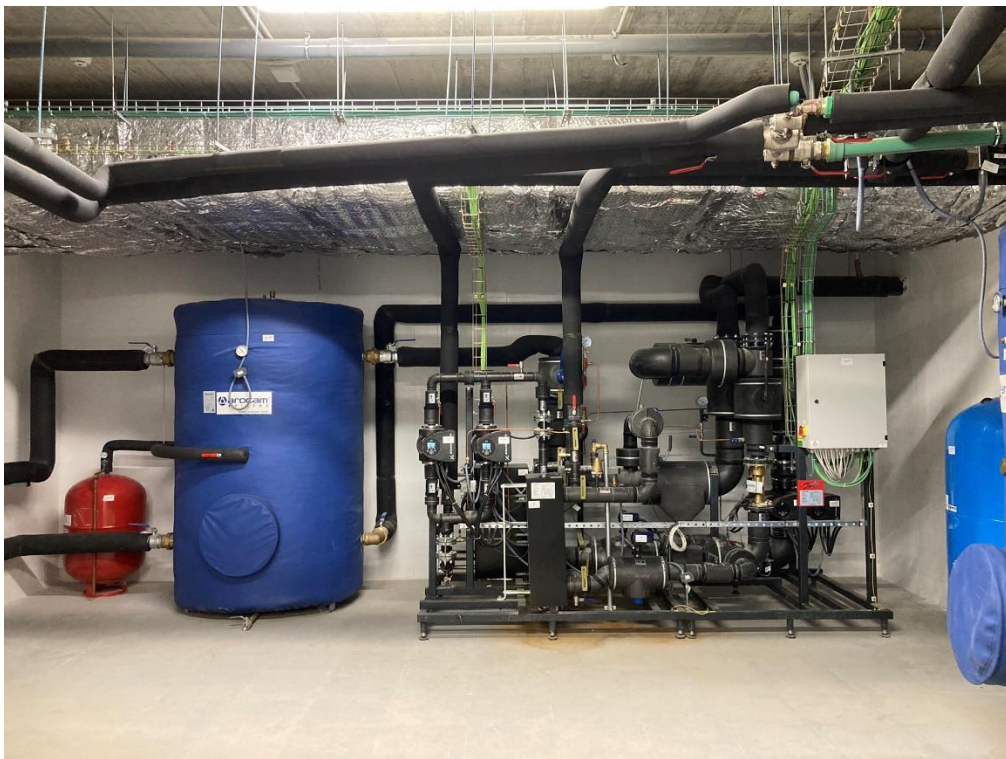


Figura 4.9 Subcentral del edificio del caso de estudio.

Foto de elaboración propia

En la Figura 4.9 se puede observar la subcentral del caso de estudio. En la imagen se puede distinguir a la izquierda el depósito de inercia de calefacción (azul), junto a su depósito de expansión, para hacer frente a los cambios en la presión debido a los cambios de temperatura. En la parte central se encuentran los dos intercambiadores y el sistema de bombas que hacen fluir el agua de los intercambiadores.



Figura 4.10 Depósito de acumulación de ACS (izquierda) e interacumuladores solares.

Foto de elaboración propia

En la Figura 4.10 se puede conocer como son el depósito de ACS y los dos interacumuladores solares, y cuál es su ubicación en la subcentral.

Principalmente, el agua caliente suministrado por el DH, llega por lo general a dos intercambiadores de calor, uno para calefacción y otro para el circuito de ACS. Esto permite transferir la energía calorífica del agua calentada en el DH a ambos circuitos.

El **circuito de ACS** suele tener un depósito acumulador, para poder guardar un gran volumen de ACS en horas de baja demanda, y en función de la energía renovable que apoye el sistema de ACS podrá tener otros depósitos de inercia donde se produzca el aporte de energía renovable. Siempre se tiene que mantener una consigna de almacenamiento de ACS de 55°C antes del consumo en cada vivienda según el proyecto.

El **circuito de calefacción** suele ser más sencillo, ya que suele constar de un depósito de acumulación de calefacción al igual que el de ACS, y posteriormente se impulsa a cada vivienda.

4.5.4.- Apoyo de energías renovables

Existen 2 tipos de apoyo de energías renovables en las diferentes promociones del nuevo “ecobarrio”, por un lado, en algunas promociones tienen instaladas en las azoteas un conjunto de colectores solares térmicos, mientras que otras promociones tienen instaladas un sistema de aerotermia, que permitirá en ambos casos apoyar el sistema de ACS.

4.6.- CENTRAL DE RECOGIDA DE RESIDUOS Y PILAS DE HIDROGENO.

El proyecto inicial constaba de una zona para la recogida de basuras perteneciente a los edificios del “ecobarrio”, el district heating y un conjunto de 2 pilas de hidrógeno.

En cada edificio, existe una zona, en la que los vecinos de los edificios pueden depositar sus basuras a cualquier hora del día en los puntos de vertido, situado en algunos edificios en su interior y en otros en la calle. Las bolsas depositadas, se almacenan durante periodos cortos de tiempo, para posteriormente ser enviadas a la central térmica por un sistema de tuberías transportadas por aire a gran velocidad.

De esta manera se consigue en la central térmica **producir Biogás** procedente de los residuos para alimentar las calderas de gas y las pilas de hidrógeno.

En el proyecto inicial, se contaba con abastecer de este gas tanto a las calderas de gas, como a las pilas de hidrógeno. Estas pilas de hidrógeno se encuentran actualmente instaladas en el District Heating (Figura 4.11), aunque nunca han llegado a ponerse en funcionamiento.



Figura 4.11.- Pilas de hidrógeno instaladas en la Central Térmica

Foto de elaboración propia

5. Estudio energético.

El estudio energético que se presenta se centra en el aporte de energía que suministra el District Heating a un edificio específico, en el que se realizará un análisis de las diferentes etapas de transmisión de energía, desde el suministro de gas en la central, hasta los contadores de las viviendas del edificio.

5.1.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El edificio usado para realizar el estudio energético es "Nuestra Señora de los Ángeles" 9 (NSA09), (Figura 5.1). Este edificio se encuentra situado en el barrio de San Diego en Puente de Vallecas. Tiene un número total de 112 viviendas, las cuales son de carácter social, y están regidas por la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo (EMVS). Cuenta con 29 viviendas de 1 dormitorio, 51 viviendas de 2 dormitorios, y 32 viviendas de 3 dormitorios, repartidas en un total de 9 plantas.



Figura 5.1.- Imagen de la fachada exterior de la NSA09

Imagen extraída de <https://diario.madrid.es/blog/2021/07/19/el-ayuntamiento-de-madrid-impulsa-el-ecobarrio-de-puente-de-vallecas/> [16]

Este edificio cuenta con un sistema de calefacción de suelo radiante.

El sistema de aporte de energía renovable que utilizará este edificio para cumplir con la normativa del código técnico de la edificación (CTE), será mediante el sistema de placas solares térmicas que apoya al sistema de agua caliente sanitaria.

El sistema de energía solar cuenta con paneles solares de *marca VIESSMANN, modelo Vitosol 200-FM de 2,32 m² de superficie de captación*. En la Figura 5.2 se puede observar cómo están situados un total de 39 colectores solares que apoyan el circuito de ACS. Estos colectores se encuentran situados con orientación 229° Suroeste (medición llevada a cabo en la ubicación de los colectores)



Figura 5.2 Colectores solares situados en la azotea del edificio.

Foto de elaboración propia

5.2.- DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.

El **District Heating de Vallecas** está formado por un amplio conjunto de instalaciones que permiten transportar el agua calentada en las calderas a los diferentes edificios.

El estudio se centra en valorar el **Rendimiento total de la instalación** (η_T), y para ello calcularemos los rendimientos en los diferentes tramos:

- Rendimiento de **producción de la central térmica**
- Rendimiento del **circuito de distribución. DH-NSA09**
- Rendimiento del **circuito de distribución de la NSA09**

Conociendo la energía que llega a cada vivienda (ACS y calefacción), se puede obtener la energía total demandada por el conjunto de viviendas del edificio ($Q_{T,NSA09}$). Por otro lado, conociendo cuales son los rendimientos de las diferentes partes que forman la instalación, se podrá obtener cual es el valor del rendimiento total de la instalación (η_T), y por lo tanto, la energía primaria que consume el DH para abastecer de ACS y calefacción al edificio NSA09.

$$Q_{prim} = \eta_T \cdot Q_{T,NSA09} \quad \text{Ecuación (5.1)}$$

Cada rendimiento será calculado entre diferentes contadores situados en la instalación, y permitirán conocer cuáles son las pérdidas de energía en cada tramo de contadores.

5.3.- COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN: ESQUEMAS.

5.3.1.- Esquema general

Para poder tener una mejor comprensión de la estructura de la instalación, en la siguiente figura (Figura 5.3), se puede observar el esquema general de la instalación.

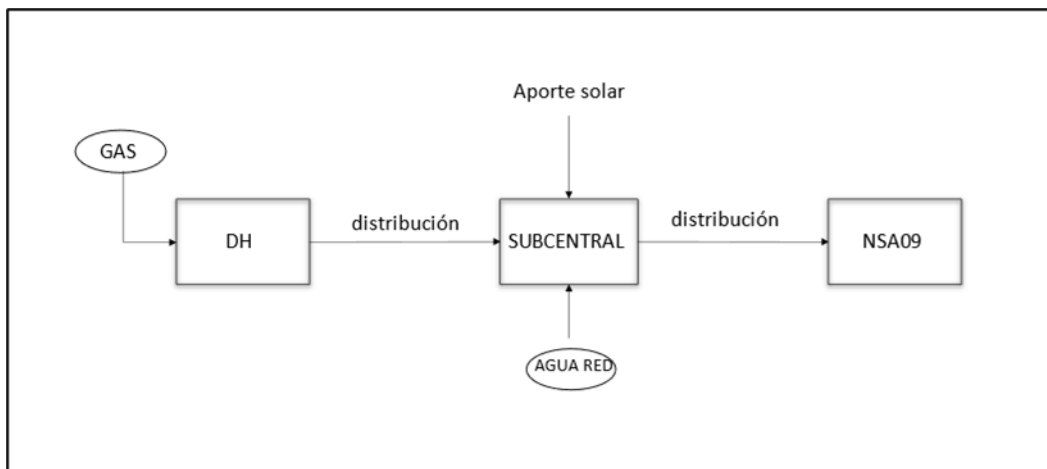


Figura 5.3.- Esquema general de la instalación.

(Elaboración propia)

Empezando de izquierda a derecha, se puede observar como el suministro de Gas Natural entra al DH; y por medio de las diferentes calderas, combustiona y genera agua caliente para poder transportar la energía desprendida en las calderas por cada **circuito de impulsión** y llegar a las distintas subcentrales por el tramo de distribución del DH a la subcentral.

Se puede observar como en la subcentral de la promoción NSA09, aparte de la entrada de agua de red al sistema de ACS, existe también la entrada del circuito de los colectores solares, para apoyar el sistema de ACS. El siguiente tramo de distribución, permitirá transportar el ACS y la calefacción a las diferentes viviendas del edificio.

5.3.2.- Esquema DH

El District Heating cuenta con un sistema de calentamiento de agua formado por cuatro calderas como se ha comentado anteriormente. A continuación (Figura 5.4), se muestra un esquema general de cómo es el sistema de producción del DH, y dónde están ubicados los contadores de volumen y energía.

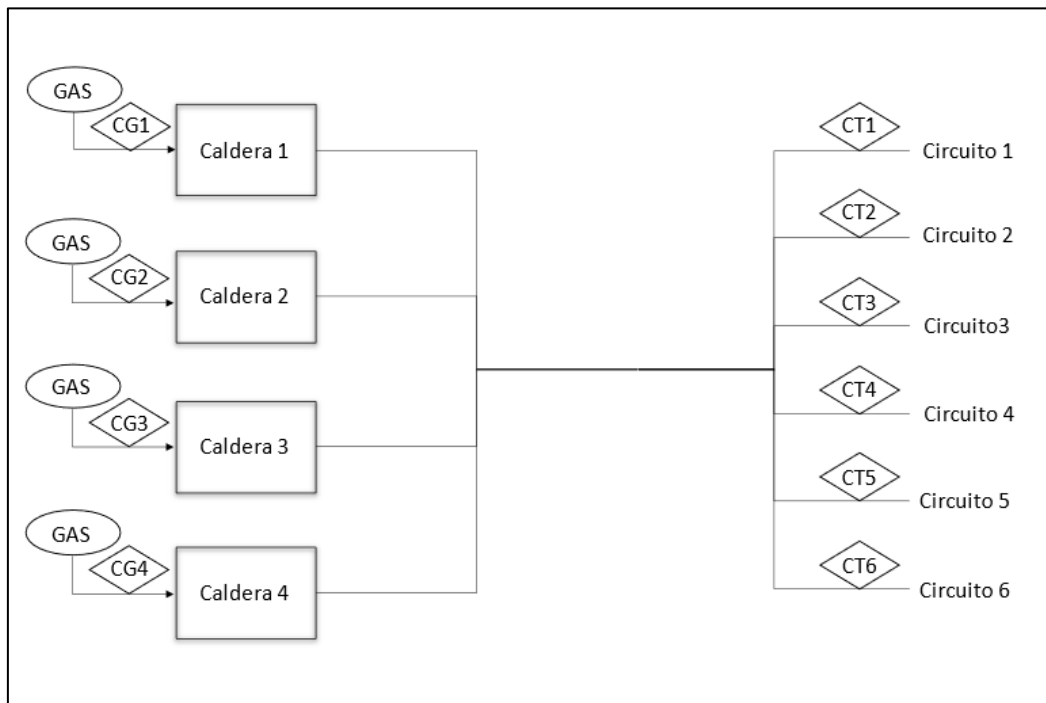


Figura 5.4. Esquema de la Central Térmica.

(Elaboración propia)

Los contadores de volumen de gas natural están ubicados antes de cada caldera, con la denominación CG_i, siendo *i* el número de cada caldera, y CG hace referencia a Contador de Gas. El resto de los contadores tienen el código CT_i, siendo CT la abreviatura de contador, e *i* el número de contador.

5.3.3.- Esquema subcentral

La subcentral de la promoción NSA09 presenta una configuración formada por dos circuitos diferenciados, uno para la distribución de ACS y otro para la distribución de calefacción.

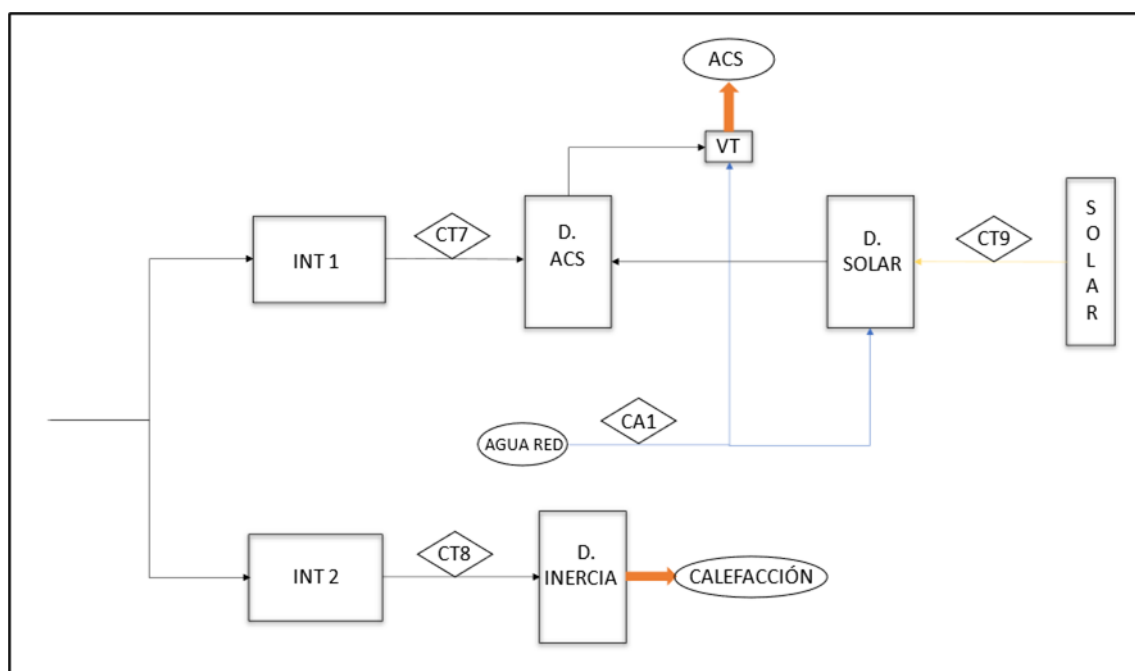


Figura 5.5.- Esquema generalizado de la instalación de la subcentral

(Elaboración propia)

En el esquema de la figura, (Figura 5.5), se observa una aproximación del sistema de la subcentral, indicando únicamente los circuitos de impulsión para obtener una imagen más clara de cómo es el funcionamiento. En la figura se puede observar mediante la forma de rombos, los distintos contadores que se utilizarán para extraer la información más adelante.

El contador de volumen de agua de red tiene el código CA1, haciendo referencia a Contador de Agua.

El **circuito de ACS** es calentado gracias al intercambiador 1 (INT 1) con el agua caliente que llega del DH. Posteriormente, el agua que se ha calentado se dirige al depósito

de acumulación de ACS (con capacidad para 3000L) para mantener la temperatura de consigna de 60 °C, es decir, la energía que llega del DH se utiliza para mantener la temperatura de consigna del depósito de ACS.

El agua fría de red entra en uno de los dos depósitos interacumuladores del sistema solar, o si fuera necesaria para regular la temperatura de impulsión, en la válvula mezcladora termostática.

Si el agua entra en el depósito interacumulador solar, tiene lugar una **primera etapa de calentamiento** gracias al serpentín que existe dentro del depósito, para transportar la energía de los colectores solares.

Posteriormente, el agua calentada en el primer depósito se mueve al segundo depósito, donde tiene lugar la **segunda etapa de calentamiento**, al igual que en el primero, con el sistema solar.

Finalmente, el agua de red que se ha calentado con el sistema solar llega al depósito de ACS para mezclarse con el agua calentada en el intercambiador, y el agua de retorno que vuelve de las viviendas, para volver a impulsarse a cada vivienda.

La principal función de la válvula mezcladora termostática que se puede observar en la Figura 5.6, es la de regular la temperatura de impulsión de ACS a la temperatura de 55 °C, para evitar que el agua enviada a las viviendas tenga una temperatura superior y pueda generar quemaduras en los usuarios.



Figura 5.6 Válvula termostática mezcladora

(Elaboración propia)

En lo referente al **sistema de calefacción**, el agua caliente del DH, llega al intercambiador 2 (INT2), donde transfiere la energía al circuito cerrado de calefacción. Posteriormente, el agua calentada llega a un depósito de inercia de 2500L para poder almacenar la energía al igual que en el sistema de ACS, y después enviar el agua a los sistemas de suelo radiante de cada vivienda.

Los dos depósitos utilizados para almacenar energía de calefacción y ACS, son utilizados para que en momentos de necesidad puntual o baja demanda, no sea necesario que las bombas del circuito 2 del DH se enciendan para suministrar la energía que se requiere en ese momento.

5.4.- SISTEMA DE CONTROL Y MEDIDA.

El District Heating de Vallecas está formado por un amplio conjunto de instalaciones por lo que necesita una herramienta adecuada a dicha complejidad, que permita tener el control y la información de todas las etapas que permiten transportar la energía del DH a cada vivienda del distrito. Este programa viene acompañado de una interfaz bastante sencilla e intuitiva donde muestra mediante una serie de animaciones, como son las instalaciones del DH y las subcentrales, mostrando todos los circuitos, conexiones y elementos que los componen.

En esta herramienta, se encuentran situados una serie de contadores con telemedida (inmotechnia supercal 531) que permite recoger los datos como son: temperatura de impulsión, temperatura de retorno, o incluso la energía que cede o absorbe una rama.

Gracias a esta herramienta, se han podido extraer los datos de energía en diferentes puntos estratégicos de la instalación para poder entender mejor como es el transporte de energía del District Heating. En el Apartado 5.4.2, se explicará la ubicación y la relevancia de estos puntos.

5.4.1.- Extracción de datos:

La extracción de los datos de estos contadores tiene la limitación en el número de datos que se pueden extraer. Es por esto que los datos se han extraído en tres cuatrimestres:

- desde el 1 de octubre de 2021 al 31 de enero de 2022.
- desde el 1 de febrero de 2021 al 31 de mayo de 2022.
- desde el 1 de junio de 2021 al 30 de septiembre de 2022.

Una vez que se introducen los rangos de fechas, el programa muestra los datos en un gráfico para poder facilitar las labores de comprensión de los mismos. También permite extraer los datos del gráfico en un documento del tipo .csv, el cual es posible abrirlo en un programa de cálculo, en el que aparecen los valores acumulados de cada día.

Para poder trabajar mejor con estos datos, se trabaja con los valores de energía y volumen (en el caso de los contadores de volumen de gas natural y agua de red), consumidos en cada mes. De esta manera se obtiene una tabla con los consumos mensuales.

Los datos de energía extraídos se muestran en MWh mientras que los datos de volumen se muestran en m^3 .

A continuación, se analizan las ubicaciones de los contadores en orden de ubicación, siendo el primero el contador de gas del DH, y los últimos, los contadores de la subcentral.

5.4.2.- Contador de gas natural del DH.

La única forma de conocer el consumo de gas natural en la central térmica es mediante contadores de volumen situados uno en cada caldera (Marca: Inmotechnia. Modelo: Cuantometro MZ). Este tipo de contador muestra el volumen acumulado cada minuto. Estos contadores se pueden observar en la Figura 5.3.- Esquema general de la instalación.). Y son los representados con las siglas CG1, CG2, CG3 Y CG4.

Gracias a este dato (consumo de gas natural), se puede conocer la energía desprendida por el gas natural mediante el poder calorífico superior (PCS) con valor de $12,1332 \text{ kWh/m}^3$. En este caso se usa el PCS del gas natural y no el inferior, debido a que las calderas utilizadas son calderas de condensación, de esta forma se puede tener en cuenta la energía de los líquidos de condensación.

No obstante, estos contadores han cometido algún error recogiendo valores totalmente dispares con respecto a los días anteriores o posteriores, en algún intervalo temporal. Por lo que se ha solucionado realizando una interpolación en estos casos con los días anteriores y posteriores.

5.4.3.- Contadores en circuitos de impulsión en DH.

El agua calentada en las calderas se mezcla entre sí, para separarse otra vez en cada circuito de impulsión. Los circuitos de impulsión transportan la energía del DH a cada subcentral de los diferentes edificios, por lo que estos contadores permiten conocer cuál es la energía que sale del DH destinada a cada edificio. Estos contadores, son los que en la Figura 5.3.- Esquema general de la instalación.) están denominados como CT1, CT2, CT3, CT4, CT5 y CT6.

Conociendo la energía que transporta cada circuito, se puede obtener la energía total que transportan todos los circuitos. Posteriormente al compararlo con la energía producida por las calderas, se puede calcular el rendimiento de producción del DH, desde que combustiona el gas natural en los quemadores hasta que sale por cada circuito.

Por otro lado, gracias a estos contadores se puede conocer cuál es el porcentaje de la energía total que desprenden las calderas que va dirigida a la subcentral del caso de estudio y posteriormente la energía final consumida correspondiente a energía no renovables.

5.4.4.- Contador de ACS y calefacción.

Una vez que el agua calentada en el DH llega a la subcentral del edificio, se separa en dos circuitos:

- Uno dirigido a un intercambiador (INT1, intercambiador de ACS) para pasar la energía al agua fría del depósito de ACS.
- Y otro dirigido al intercambiador (INT2, intercambiador de calefacción) que calienta el circuito cerrado de calefacción.

Ambos contadores, se encuentran situados después de cada intercambiador (CT7 para el circuito de ACS, y CT8 para el circuito de calefacción), y permiten conocer la energía que después de circular por la red de distribución y posteriormente transferirse en cada intercambiador, llega finalmente a cada circuito.

De esta forma es fácil conocer cuáles serán las pérdidas de la red de distribución, al sumar las energías de cada circuito y dividir las por la energía en el circuito de impulsión del DH.

5.4.5.- Contador de circuito de solar.

Este contador (CT9) nos permite conocer la energía aportada por todo el sistema de colectores solares térmicos y mide la energía aportada por las placas al circuito que sale de los dos depósitos de inercia.

Esta energía será la utilizada para calcular la energía final aportada por energías renovables.

5.5.- EVOLUCIÓN ENERGÉTICA.

A continuación, se muestra la evolución de la energía desde la demanda energética de calefacción y ACS del edificio del caso de estudio, hasta la energía que aporta el gas natural en las calderas del DH.

5.5.1.- Energía de facturación.

En la siguiente tabla (Tabla 5.1), se muestran los datos recogidos en los contadores de las viviendas en un cómputo mensual. Los valores de ACS están recogidos en m³, mientras que los valores de calefacción están expresados en MWh.

Mes	Consumo de ACS (m ³)	Consumo de calefacción (MWh)
oct-21	152,72	6,40
nov-21	243,53	35,65
dic-21	320,15	40,13
ene-22	328,02	47,32
feb-22	287,91	31,29
mar-22	318,76	30,86
abr-22	295,29	19,32
may-22	274,66	0,00
jun-22	225,94	0,00
jul-22	190,74	0,00
ago-22	167,35	0,00
sep-22	254,53	0,00
Total	3059,60	210,97

Tabla 5.1.- Consumos de ACS y de calefacción en periodo desde octubre 2021 a septiembre 2022

Se obtiene una demanda de la promoción NSA09 anual de ACS de **3059,6 m³**, y un consumo anual de calefacción de **210,97 MWh**.

Puesto que ambos datos no están en las mismas unidades, es necesario pasar los metros cúbicos de ACS a MWh para poder obtener la demanda mensual de energía y

posteriormente realizando la suma de los 12 meses, y dividiendo entre la superficie total habitable del conjunto de viviendas que forman el edificio, obtener la demanda total anual por metro cuadrado del edificio del caso de estudio.

En la siguiente tabla (Tabla 5.2) se muestran los valores medios de temperatura a los que se ha enviado el ACS (T^a impulsión) en cada mes y los valores medios de temperatura del agua de red que se ha calentado.

Con estos valores (T^a total media en la red de impulsión- 54,23°C y T^a total media en la red- 16,23°C), se ha calculado la temperatura media y se ha obtenido un valor de **35,23** °C. Para esta temperatura, el agua tiene un calor específico igual a **4,1767 kJ/kgK** y un valor de densidad igual a **995,06 kg/m³** (valores extraídos del libro *Tablas y gráficos para la resolución de problemas de “Transmisión de calor”*. Autores: Inés Suárez Ramón, M^a Manuela Prieto González.) [17]

Mes	T^a impulsión (°C)	T^a_{red} (°C)
oct-21	56,46	14,37
nov-21	57,60	12,51
dic-21	54,94	11,18
ene-22	58,86	11,06
feb-22	55,39	11,56
mar-22	53,62	12,66
abr-22	50,96	15,46
may-22	50,44	18,25
jun-22	53,75	21,27
jul-22	54,20	23,05
ago-22	52,57	21,19
sep-22	51,96	22,23
	54,23	16,23

Tabla 5.2.- Valores medios de temperatura a los que se ha enviado el ACS en cada mes y los valores medios de temperatura del agua de red que se ha calentado

La fórmula empleada para realizar el cálculo de la energía necesaria para calentar el agua de red, hasta la temperatura de impulsión es la siguiente:

$$Q_{ACS,imp} = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{imp} - T_{red}) \frac{1}{3600} \quad \text{Ecuación (5.2)}$$

donde,

- $Q_{ACS,imp}$: valor de energía en MWh.
- V : volumen de ACS consumido mensualmente en m³
- ρ : valor de la densidad en kg/m³
- c_p : calor específico en kJ/kgK
- T_{imp} : temperatura de impulsión de ACS en °C
- T_{red} : temperatura de agua de red en °C
- $\frac{1}{3600}$: constante de cambio de unidades de kJ a kWh

Para obtener un mejor resultado, se ha aplicado esta ecuación a las condiciones diarias, obteniendo posteriormente la suma de toda la demanda de cada mes. (Tabla 5.3)

Mes	Consumo de ACS (MWh)	Consumo de calefacción (MWh)	Demanda mensual NSA09 (MWh)
oct-21	6,83	6,40	13,23
nov-21	11,98	35,65	47,63
dic-21	14,87	40,13	55,00
ene-22	16,31	47,32	63,63
feb-22	14,74	31,29	46,03
mar-22	15,13	30,86	45,99
abr-22	13,36	19,32	32,68
may-22	10,81	0,00	10,81
jun-22	7,98	0,00	7,98
jul-22	6,68	0,00	6,68
ago-22	5,49	0,00	5,49
sep-22	8,62	0,00	8,62
Total	132,81	210,97	343,78

Tabla 5.3.- Demanda total por meses

Los valores obtenidos se dividen entre la superficie total correspondiente a la suma de la superficie de todas las viviendas, obteniendo un valor de **5870,71 m²** y se pasará de MWh a kWh.

El valor de cada energía estará expresado ahora en **kWh/m²año**, y será igual a:

- Consumo de ACS: **22,62 kWh/m²año**
- Consumo de calefacción: **35,94 kWh/m²año**
- Energía útil del edificio ($Q_{T,NSA09}$): **58,56 kWh/m²año**

5.5.2.- Energía en la subcentral.

En cada edificio se encuentra situada una subcentral que permite transferir la energía que viene del DH, a los circuitos de ACS y calefacción, aparte de almacenar la energía, y de añadir los aportes de energías renovables que existen en cada promoción.

Dentro de la subcentral del caso de estudio existen 3 contadores fundamentales:

- contador de energía aportada a ACS
- contador de energía aportada al circuito cerrado de calefacción
- contador de energía aportada por el sistema solar.

En la Tabla 5.4 se puede observar cual es la energía aportada al sistema en cada circuito en función de los últimos meses.

Mes	Energía de DH a ACS (MWh)	Energía aportada por paneles solares (MWh)	Energía de DH a calefacción (MWh)
oct-21	5,31	4,83	9,43
nov-21	12,61	3,95	42,59
dic-21	18,47	2,84	47,10
ene-22	16,50	4,63	50,12
feb-22	15,02	6,38	34,61
mar-22	16,69	5,50	34,07
abr-22	11,29	10,18	19,39
may-22	6,28	12,99	0,07
jun-22	3,81	8,31	0,00
jul-22	1,99	7,43	0,00
ago-22	1,77	6,94	0,00
sep-22	6,35	5,06	0,00
	116,08	79,04	237,38

Tabla 5.4.- Energía aportada al sistema en cada circuito en función del mes del último año (octubre 2021 – septiembre 2022).

La energía aportada por el sistema solar a la subcentral será la energía que se utilizará para conocer cuál es el aporte de energía renovable al edificio.

Una vez que se conocen estos valores, se puede calcular el rendimiento del circuito de distribución del edificio, ya que se conoce la energía que consume el circuito de ACS y calefacción.

Se utilizará la fórmula siguiente:

$$\eta_{d,NSA09} = \frac{Q_{ACS} + Q_{cal} + Q_{sol}}{Q_{T,NSA09}} = 0,79 \quad \text{Ecuación (5.3)}$$

donde,

- Q_{ACS} : energía aportada por DH a sistema de ACS en MWh/año
- Q_{cal} : energía aportada por DH a calefacción en MWh/año
- Q_{sol} : energía aportada por paneles solares a ACS en MWh/año
- $Q_{T,NSA09}$: energía demandada por el edificio de calefacción y ACS en MWh/año

5.5.3.- Energía en el DH.

En el District Heating se analizará la energía que entra a las calderas mediante el volumen consumido de gas natural, y la energía en los circuitos de impulsión a las diferentes promociones.

Energía producida por gas natural.

Gracias a los contadores de volumen acumulado situados en cada caldera, es posible conocer el aumento del volumen acumulado cada día. El programa del que se han extraído los datos muestra la variación diaria de cada caldera por lo que los datos aparecen divididos en 4 columnas, cada una correspondiente a cada caldera. Por este motivo, se han creado 4 columnas más que muestran la diferencia de volumen de un día con respecto al día anterior. De esta forma sumando la diferencia de volumen diaria se puede conocer el volumen de gas natural consumido cada día. Como se ha comentado anteriormente se expondrán los datos mensuales del consumo. (Tabla 5.5)

Mes	Volumen GAS consumido DH (m ³)
oct-21	25429,50
nov-21	8055,90
dic-21	24746,90
ene-22	26154,10
feb-22	19962,10
mar-22	20771,40
abr-22	13935,35
may-22	5332,95
jun-22	3239,80
jul-22	2020,8
ago-22	2875,3
sep-22	3220
Total	155597,7

Tabla 5.5.- Volumen gas consumido en el periodo desde octubre 2021 a septiembre 2022.

Conocidos los valores de consumo de gas natural en m³, se puede calcular cual es la energía desprendida en los quemadores de las calderas, conociendo el poder calorífico superior (PCS) del gas natural. Según la empresa Nortegas [18], el PCS del gas natural es 12,1336 kWh / m³.

Mes	Energía consumida por DH (MWh)
oct-21	308,54
nov-21	97,74
dic-21	300,26
ene-22	317,33
feb-22	242,20
mar-22	252,02
abr-22	169,08
may-22	64,71
jun-22	39,31
jul-22	24,52
ago-22	34,89
sep-22	39,07

Total	1887,96
-------	----------------

Tabla 5.6.- Energía consumida por DH

La energía consumida por las calderas en el District Heating es igual **1887,96 MWh**, con lo que se puede calcular cual será el rendimiento de producción del DH desde los quemadores de las calderas, hasta los circuitos de impulsión del DH. No obstante, los contadores han registrado un problema al realizar ciertas mediciones en los meses anteriores a julio, por este motivo mediante la Ecuación 5.4, se calculará el rendimiento de producción de la central térmica con los valores de julio, agosto y septiembre:

$$\eta_{\text{prod}} = \frac{\sum Q_{\text{CTi}}}{Q_{\text{calderas}}} = 0,93 \quad \text{Ecuación (5.4)}$$

donde,

- Q_{CTi} : energía enviada a las promociones por cada circuito de julio a septiembre en MWh/año
- Q_{calderas} : energía aportada por calderas de gas de julio a septiembre en MWh/año

Energía de salida del DH:

Una vez que se transfiere energía de los quemadores al circuito cerrado de agua en las calderas, esta se mezcla y llega a los circuitos de impulsión, donde se separa para transportarse por cada circuito a las diferentes promociones.

En la siguiente tabla (Tabla 5.7) se puede conocer cuáles son los valores de cada rama de impulsión incluida la rama que llega a la promoción NSA09 (CT2).

Mes	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	Total	CT2 / Total (%)
oct-21	21,27	20,15	5,4	6,65	6,59	19,09	79,15	25,46
nov-21	61,85	55,05	12,36	37,05	27,16	46,71	240,18	22,92
dic-21	70,61	60,54	10,13	65,18	26,82	49,79	283,07	21,39
ene-22	78,4	66,67	2,23	67,68	28,78	61,98	305,74	21,81
feb-22	52,14	48,39	6,84	50,52	21,81	40,71	220,41	21,95
mar-22	53,07	52,6	6,55	62,88	26,05	43,27	244,42	21,52
abr-22	40	34,18	0	39,15	18,72	30,04	162,09	21,09
may-22	10,79	10,61	2,13	19,09	9,59	12,14	64,35	16,49
jun-22	5,78	7,01	0,62	8,2	6,41	8,48	36,5	19,21
jul-22	3,38	4,55	0	1,42	6,01	7,08	22,44	20,28
ago-22	4,48	4,09	0	8,29	6,38	7,66	30,9	13,24
sep-22	8,31	9,56	0	0	7,46	9,95	35,28	27,10

Tabla 5.7.- Valores de energía enviada del DH a cada circuito en MWh, y porcentaje correspondiente de energía correspondiente al CT2 del total.

Con los valores obtenidos del circuito 2, es posible calcular cuales son las pérdidas de la instalación en forma de rendimiento en función de la energía que llega al circuito de ACS y de calefacción de la subcentral.

Por lo que el **rendimiento del circuito de distribución** será:

$$\eta_d = \frac{Q_{ACS,DH} + Q_{cal,DH}}{Q_{CT2}} = 0,95 \quad \text{Ecuación (5.5)}$$

Donde:

- $Q_{ACS,DH}$: energía aportada por DH a sistema de ACS en MWh/año
- $Q_{cal,DH}$: energía aportada por DH a calefacción en MWh/año
- Q_{CT2} : energía de retorno del sistema de ACS en MWh/año

Con este cálculo se obtiene el rendimiento de pérdidas en la distribución, desde la salida del circuito 2 del DH hasta la subcentral de la NSA09.

Realizando la proporción de energía total que llega al circuito 2 (circuito correspondiente a la impulsión de agua caliente a la NSA09), se puede interpolar al volumen de gas total consumido, para saber cuál es la cantidad correspondiente al edificio estudiado.

De esta manera, aplicando la relación a la Tabla de consumos de gas (Tabla 5.8), Se puede mostrar en la siguiente tabla cual es el volumen de gas natural consumido mensualmente y destinado a la promoción NSA09.

Mes	Volumen GAS consumido DH (m ³)	CT2 / Total (%)	Volumen GAS consumido por NSA09 (m ³)
oct-21	25429,50	25,46	6473,84
nov-21	8055,90	22,92	1846,44
dic-21	24746,90	21,39	5292,60
ene-22	26154,10	21,81	5703,19
feb-22	19962,10	21,95	4382,59
mar-22	20771,40	21,52	4470,07
abr-22	13935,35	21,09	2938,55
may-22	5332,95	16,49	879,29
jun-22	3239,80	19,21	622,22
jul-22	2094,20	20,28	424,63
ago-22	2536,90	13,24	335,79
sep-22	3275,20	27,10	887,50
	155534,30		34256,72

Tabla 5.8.- Consumos de gas

Según la empresa Nortegas [18] el PCS del gas natural es 12,1336 kWh / m³.

Conociendo el valor del PCS del gas natural en kWh/m³, se puede calcular la energía primaria final no renovable como:

$$\dot{Q}_{pfnr} = PCS \cdot V_{g,NSA09} = 415657,3 \text{ kWh} \quad \text{Ecuación (5.6)}$$

donde,

- \dot{Q}_{pfnr} : energía primaria final no renovable en MWh/año
- PCS : poder calorífico superior en kWh/m³
- $V_{g,NSA09}$: volumen de gas natural consumido por NSA09 en m³

5.6.- BALANCE ENERGÉTICO.

Una vez conocidos cuales son las pérdidas de energía desde que sale de las calderas hasta que llega a las diferentes viviendas, es posible conocer cuál es la energía primaria que consume el edificio, multiplicando la energía útil del edificio por el rendimiento total de toda la instalación.

Este rendimiento se puede calcular como el producto de todos los rendimientos aplicando la ecuación siguiente:

$$\eta_T = \eta_{d,NSA09} \cdot \eta_d \cdot \eta_{prod} = 0,70 \quad \text{Ecuación (5.7)}$$

donde,

- η_T : rendimiento total de la instalación
- $\eta_{d,NSA09}$: rendimiento del circuito de distribución de la NSA09
- η_d : rendimiento del circuito de distribución DH- subcentral NSA09
- η_{prod} : rendimiento de producción de la central térmica

Aplicando este rendimiento a la energía útil utilizada por el edificio, podemos obtener la energía primaria final consumida por el edificio.

$$\dot{Q}_{prim} = 83,65 \text{ kWh}/m^2\text{año}$$

Como conocemos cual es el aporte de energía renovable que consume el sistema, podemos obtener la energía primaria no renovable.

$$\dot{Q}_{pfr} = 13,46 \text{ kWh}/m^2\text{año}$$

$$\dot{Q}_{pfnr} = 70,19 \text{ kWh}/m^2\text{año}$$

5.7.- EMISIONES DE CO₂

Para realizar el cálculo de emisiones de CO₂ que la central térmica a emitido con respecto a la promoción del caso de estudio, se utilizará el factor de emisión (FE) de 0,182 kgCO₂/kWh recogido de la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [19]. La energía utilizada será la energía primaria total perteneciente a las energías no renovables en kWh, con un valor total de **415762 kWh**.

$$emisiones_{CO_2} = FE \cdot Q_{pnr} = 75668,68 \text{ kg de CO}_2 \text{ en edificio}$$

Dividiendo el valor obtenido por la superficie útil total de las viviendas del edificio, se obtiene que, por cada metro cuadrado, el edificio está emitiendo **12,9 kgCO₂/m²**.

6. Impacto socioeconómico.

6.1.- PAPEL DE LAS ADMINISTRACIONES

En una instalación de red energética centralizada es fundamental la ayuda que se pueda recibir por parte de la Administración Pública, no sólo económicamente sino a nivel de concienciación y promoción del sistema.

Es fundamental que tanto a nivel nacional como a nivel local el apoyo se produzca, tanto en la elaboración del marco legal para el establecimiento de este tipo de instalaciones, como para servir de vector de la información para la concienciación de la población.

Este tipo de proyectos están contemplados por el plan nacional integrado de energía y clima (PNIEC) [20].

6.2.- MENTALIDAD Y CONOCIMIENTO

Vivimos en una sociedad muy individualista. Esta mentalidad confronta totalmente con el sistema de establecimiento de una red centralizada, en la que se propone una solución común para unos usuarios que posiblemente posean diferentes necesidades, y que se muestran recelosos de unirse a una solución intangible que se escapa de su conocimiento y no controlan. En los países como Finlandia por ejemplo, la mentalidad es otra, actúan de manera colectiva de una forma más natural y este hecho que propicia la instalación de este tipo de instalaciones.

El desconocimiento de este sistema es un gran inconveniente para su implantación y es aquí donde se encuentra un buen punto de partida para su futuro, donde las administraciones públicas en todos sus niveles y otras instituciones juegan un papel fundamental en la promoción y la concienciación social de las personas.

6.3.- UN SISTEMA SOSTENIBLE Y EFICIENTE.

El mayor reclamo para desarrollar este sistema es que se trata de una solución amable con el medio ambiente frente a otras soluciones convencionales e individuales.

Se consigue un menor consumo de combustible primario, esto se traduce en una reducción de costes de consumo y una reducción de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera independientemente del combustible empleado. Si a esto se le añade la posibilidad de implementar fuentes de energías renovables como las mostradas en este trabajo, aún se puede reducir más el consumo del combustible primario no renovable o incluso asumir toda la demanda de energía sólo con energías renovables en ciertos meses del año, reduciendo la emisión de CO₂ al mínimo. Si se consigue combinar las fuentes de energía renovable más convencionales con procesos combinados de cogeneración es más factible llegar a la emisión cero

6.4.- IMPACTO ECONOMICO

En el caso de las viviendas del proyecto, viviendas sociales, todos los hogares que se consideran vulnerables, se ven beneficiados de una forma notable por el ahorro energético y la reducción de su factura energética.

Haciendo un análisis de sensibilidad sobre la previsión de precios de los combustibles fósiles, precios que están en alza debido entre otras causas a los conflictos entre países surgidos últimamente (Conflicto bélico Rusia-Ucrania, Conflicto Diplomático España-Argelia), es de prever que la sensibilidad y predisposición de colectividades hacia este tipo de instalaciones este aumentado de manera positiva.

Finalmente, podrían darse otros beneficios futuros como futuras medidas de fiscalidad energético-ambiental, y que podrían tener un impacto más notable a nivel distributivo.

El plan de ayudas PAREER incluye medidas a las que se pueden acoger este tipo de infraestructuras.

6.5.- IMPACTO SOBRE LA CONTAMINACIÓN Y SALUD

Los sistemas de calefacción permiten disminuir el consumo de CO₂, porque al ser sistemas eficientes de producción de calor, permiten disminuir los consumos de combustible.

Al disminuir consumos, disminuimos la emisión de contaminantes, e incidimos directamente en la reducción de trastornos de tipo respiratorio. Este dato podemos verlo reflejado en la reducción de indicadores de salud, uno de los cuales es el porcentaje de muertes prematuras en la población.

El proyecto conciencia sobre el reciclado y motiva a sus usuarios a involucrarse de manera activa, lo cual resulta socialmente enriquecedor. [19]

7. Presupuesto

Tipo de trabajo	Días	Horas/día	Coste hora	Total
Búsqueda de información en páginas web y bibliografía	10	8	20,00 €	1.600,00 €
Recogida de datos en la central y visitas	3	8	20,00 €	480,00 €
Estudio Técnico en gabinete	20	8	20,00 €	3.200,00 €
Redacción y diseño del documento	10	8	20,00 €	1.600,00 €
				6.880,00 €

Tabla 7.1.- Presupuesto del estudio desarrollado

El coste total del siguiente estudio es de 6880 € analizándolo en función de las partidas de la tabla, y añadiendo el IVA en el coste horario.

8. Conclusiones.

La distribución de la energía en un District Heating de gran tamaño debe realizar numerosos intercambios, por lo que se precisa tener especial cuidado en las pérdidas térmicas que se puedan producir en ellos

El rendimiento total de la instalación resulta estar dentro de los márgenes esperados para una instalación de DH. Sin embargo, los rendimientos en los diferentes tramos evaluados presentan diferencias que nos indican:

- El rendimiento de la central de producción es alto, debido a su tecnología avanzada que permite un uso eficiente del combustible y a la pequeña distancia que existe entre las calderas y los 6 circuitos de impulsión.
- El rendimiento de distribución en el circuito que impulsa energía a la promoción es alto, y demuestra la calidad con la que se ha aislado este circuito.
- El rendimiento en la distribución en el edificio es inferior a lo esperado, y principalmente se debe a las pérdidas producidas en los circuitos que transporta la energía a cada vivienda.

El consumo final del edificio resulta ser más alto de lo esperado para ser un edificio de reciente construcción, no obstante, este aumento del consumo se puede producir debido a un consumo de ACS mayor que el calculado en el proyecto inicial. También, el rendimiento de distribución del edificio origina este aumento en el consumo.

No obstante, teniendo en cuenta este aumento del consumo, las emisiones producidas por el edificio del caso de estudio resultan ser bastante bajas, demostrando así la disminución del impacto ambiental que tiene este sistema.

Para mejorar el aporte de energía solar que apoya el circuito de ACS, podría ser conveniente cambiar la orientación de los colectores solares, para aumentar las horas en las que se pueda aprovechar la energía que aporta el sol.

El problema energético global planteado, ha permitido introducir la justificación de la causa, entre otros factores, de proponer un proyecto de estas características.

9. Marco normativo.

9.1.- NORMATIVA EUROPEA.

El artículo 194 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) prevé un reparto de competencias entre los Estados miembros de la Unión Europea (UE) y la UE en el ámbito de la energía. No obstante, todo Estado miembro mantiene su derecho a determinar las condiciones de explotación de sus recursos energéticos, elegir entre distintas fuentes de energía y decidir sobre la estructura general de su abastecimiento energético. [21]

La política energética de la UE tiene por objeto:

- garantizar el buen funcionamiento del mercado de la energía;
- garantizar la seguridad del abastecimiento energético;
- fomentar la eficiencia y el ahorro energéticos, así como el desarrollo de energías nuevas y renovables;
- promover la interconexión de las redes energéticas.

En diciembre de 2019, la Comisión Europea presentó el «Pacto Verde Europeo», su hoja de ruta que tiene como objetivo convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro para 2050. La hoja de ruta busca impulsar la sostenibilidad y la competitividad de la UE y garantizar que la transición sea justa e inclusiva.

Entre los compromisos de la UE está la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, como parte de las reducciones necesarias de todos los países desarrollados como grupo. La Hoja de Ruta de la Energía para 2050 de la Comisión explora los desafíos que plantea el objetivo de descarbonización de la UE a la vez que se garantiza la seguridad del abastecimiento energético y la competitividad.

9.1.1.- Directiva Europea 2002/91/CE.

Esta directiva tiene como misión principal fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, se tendrán en cuenta unas determinadas condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, también los requisitos ambientales interiores y la relación existente coste-eficiencia.

La Directiva ha establecido una serie de instrumentos en relación con:

- Marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios.
- Aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos.
- Aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
- La certificación energética de edificios.
- Inspección periódica de calderas de más de 20 kW y sistemas de aire acondicionado de edificios de más de 12 kW. Además, se realizará una evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años.

9.1.2.- Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios.

La directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo se ha modificado mediante la Directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Las dos Directivas persiguen la mejora de la eficiencia energética en edificios, aunque esta última modificación presenta unas mayores exigencias. Los objetivos de esta directiva son:

- Mejorar la eficiencia energética de los edificios de la Unión Europea (UE) teniendo en cuenta diversas condiciones climáticas y particularidades locales.
- Establece requisitos mínimos y un marco común para el cálculo de la eficiencia energética.

La Directiva ha establecido una serie de instrumentos en relación con:

- Implantación de un marco común general de la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios o de alguna sección de ellos.
- Aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de los edificios nuevos o de nuevas partes del edificio.
- Aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:
 - Edificios y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
 - Elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de tal envolvente cuando se modernicen o sustituyan
 - Instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren.
- Planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de energía casi nulo.
- Inspecciones periódicas de las instalaciones de:
 - la calefacción de espacios;
 - la refrigeración de espacios;
 - el agua caliente sanitaria;
 - la ventilación;
 - la iluminación integrada;
 - otras instalaciones técnicas de los edificios.
- La certificación energética de los edificios o de unidades del edificio.
- Los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

Novedades en esta normativa son:

- El Código Técnico de la Edificación (CTE-HE1) se podrá aplicar a los edificios rehabilitados y elimina la superficie mínima de aplicación.
- Los EEMM crearán instrumentos de carácter financiero para estimular las inversiones en términos de eficiencia energética.
- Todos los edificios residenciales de oficinas y de servicios de nueva construcción a partir del año 2020 han de ser de energía cero, es decir, han de generar la misma energía que van a consumir.

Está en vigor desde el 8 de julio de 2010 y tenía que adquirir rango de ley en los países de la UE a más tardar el 9 de julio de 2012.

9.1.3.- Directiva de modificación (UE) 2018/844.

Tras una revisión de su aplicación, la Directiva 2010/31/UE fue modificada en 2018 por la Directiva 2018/844. El objetivo principal era acelerar la renovación económicamente rentable de los edificios existentes y la promoción de las tecnologías inteligentes en los edificios. Como parte del paquete Energía limpia, la Directiva de modificación complementa la legislación sobre eficiencia energética.

La Directiva de modificación (UE) 2018/844 exige a los países de la UE que elaboren estrategias de renovación a largo plazo para apoyar la renovación de los edificios residenciales y no residenciales transformándolos en parques inmobiliarios con alta eficiencia energética y descarbonizados a más tardar en 2050. Dichas estrategias deben establecer una hoja de ruta con medidas e indicadores de progreso mensurables, con vistas al objetivo a largo plazo de 2050 de la UE de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 80-95 % en comparación con 1990. Dicha hoja de ruta debe incluir hitos indicativos para 2030, 2040 y 2050, y especificar la forma en que van a contribuir a lograr los objetivos de eficiencia energética de la UE de conformidad con la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética

Asimismo, la Directiva revisada:

- Crea una senda clara hacia un parque inmobiliario descarbonizado en la UE en 2050 sustentado por estrategias nacionales de renovación a largo plazo.
- Favorece el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y de tecnologías inteligentes para asegurar que los edificios son eficientes, por ejemplo mediante la introducción de sistemas de control y automatización.
- Apoya el despliegue de infraestructuras para la electromovilidad en todos los edificios, introduciendo la obligación de instalar puntos de recarga y fomentando la eliminación de barreras administrativas.

- Introduce un "indicador de preparación para aplicaciones inteligentes" que medirá la capacidad de los edificios para usar nuevas tecnologías y sistemas electrónicos para adaptarse a las necesidades del consumidor, optimizar su operación e interactuar con la red.
- Integra y refuerza de forma significativa las estrategias de renovación a largo plazo.
- Moviliza financiación e inversión pública y privada, vinculándolos a los ahorros de eficiencia energética o introducción de renovables.
- Ayuda a combatir la pobreza energética y reducir la factura energética de los hogares mediante la renovación de los edificios antiguos.

Está en vigor desde el 9 de julio de 2018 y tenía que adquirir rango de ley en los países de la UE a más tardar el 10 de marzo de 2020.

9.1.4.- Reglamento Delegado (UE) 2020/2155 de la Comisión.

El Reglamento Delegado (UE) 2020/2155 de la Comisión, de 14 de octubre de 2020, por el que se completa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo mediante el establecimiento de un régimen común voluntario de la Unión Europea para la valoración del grado de preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios

Define el indicador de preparación para aplicaciones inteligentes y una metodología común para su cálculo. La metodología consiste en calcular las puntuaciones de la preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios o las unidades de los edificios y obtener la valoración del grado de preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios o de las unidades de edificios.

En vigor desde el 10 de enero de 2021.

9.1.5.- Reglamento de Ejecución (UE) 2020/2156 de la Comisión.

Reglamento de Ejecución (UE) 2020/2156 de la Comisión, de 14 de octubre de 2020, por el que se detallan las modalidades técnicas para la aplicación efectiva de un régimen común voluntario de la Unión para la valoración del grado de preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios.

Establece los detalles técnicos para la aplicación del régimen común voluntario de la UE para la valoración del grado de preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios. Abarca los siguientes aspectos:

- acreditación y cualificaciones de los expertos en el indicador de preparación para aplicaciones inteligentes.
- expedición del certificado de indicador de preparación para aplicaciones inteligentes y condiciones de su uso.
- realización de pruebas del régimen del indicador de preparación para aplicaciones inteligentes.

En vigor desde el 10 de enero de 2021.

9.1.6.- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE (DO L 315 de 14.11.2012, pp. 1-56).

Establece un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión de un 20 % de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras posteriores de eficiencia energética más allá de ese año.

En ella se establecen normas destinadas a eliminar barreras en el mercado de la energía y a superar deficiencias del mercado que obstaculizan la eficiencia en el abastecimiento y el consumo de energía. Asimismo, se dispone el establecimiento de objetivos nacionales orientativos de eficiencia energética para 2020.

9.1.7.- Directiva (UE) 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Directiva (UE) 2018/2002 del parlamento europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2018 por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la **eficiencia energética**.

Establece un nuevo objetivo de eficiencia energética para la UE en 2030 del 32,5%, el cual se revisará al alza en 2023;

Amplía la obligación anual de ahorros más allá de 2020;

Refuerza las normas sobre contadores individuales y la facturación relativa a la energía térmica, dando a los consumidores – especialmente a los de edificios de apartamentos con sistemas colectivos de calefacción – derechos a recibir información más precisa, fiable, clara y puntual sobre su consumo de energía, permitiéndoles así entender mejor y controlar sus facturas de calefacción.

Requiere a los Estados Miembros disponer de normas nacionales transparentes y a disposición del público sobre el reparto de costes del consumo de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria en edificios de apartamentos o en edificios con finalidades múltiples que tengan sistemas centrales.

Aborda barreras existentes de mercado, comportamiento y regulatorias para aumentar la seguridad de suministro, competitividad de las industrias de la UE, mejorar la calidad del aire y la salud pública, reducir los costes de la energía en los hogares y las empresas, afrontando de ese modo también la pobreza energética.

9.1.8.- Reglamento Delegado (UE) 244/2012 de la Comisión.

Reglamento Delegado (UE) 244/2012 de la Comisión, de 16 de enero de 2012, que complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, estableciendo un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos (DO L81 de 21.3.2012, pp. 18-36).

9.2.- NORMATIVA NACIONAL.

9.2.1.- Real Decreto 314/2006.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. [22]

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios y sus instalaciones con el fin de cumplir las exigencias básicas de seguridad y habitabilidad.

Da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente

El CTE es también una herramienta para la transposición de la Directiva 2002/91/CE de Eficiencia Energética, sustituida por la Directiva 2010/31/UE en 19 de mayo relativa a la eficiencia energética de los edificios. Este nuevo modelo es más exigente ya que se persigue conseguir los requisitos mínimos hasta conseguir, de cara a 2020, edificios de consumo de energía prácticamente nulo.

La transposición de esta directiva, en parte, se hace a través del CTE mediante el DB-HE (Documento Básico de Ahorro de Energía).

Se establecen unas exigencias básicas:

- CTE-DB-HE-1: Limitación de la demanda energética. Este apartado fija unos mínimos normativos, en referencia al aislamiento, la protección solar de huecos, estanqueidad de ventanas y prevención de condensaciones.
- CTE-DB-HE-2: Rendimiento de las instalaciones térmicas. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE.

- CTE-DB-HE-3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación. Se busca el aprovechamiento máximo de luz natural y existen una serie de factores de eficiencia energética en las instalaciones de iluminación artificial que se tienen que cumplir.
- CTE-DB-HE-4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. En función de la zona climática, uso del edificio y tipo de combustible, la aportación de ACS mínima de origen solar variará.
- CTE-DB-HE-5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Variará según el uso del edificio.

9.2.2.- Real decreto 1027/2007.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. [23]

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) es el documento CTE-DB-HE 2.

Es una medida de desarrollo del Plan de acción de la estrategia de ahorro y eficiencia energética en España (2005-2007) que contribuirá también a alcanzar los objetivos establecidos por el Plan de fomento de las energías renovables (2000-2010), fomentando una mayor utilización de la energía solar térmica sobre todo en la producción de agua caliente sanitaria.

Tiene por objeto establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

El 5 de abril se aprobó el Real Decreto 238/2013, en el que se recogen una serie de modificaciones en cuanto a artículos e instrucciones técnicas del RITE.

9.2.3.- Real Decreto 47/2007

Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. (<https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/01/19/47>)

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, se transpusieron en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un procedimiento para la certificación energética de edificios de nueva construcción

Esta norma está derogada por la disposición derogatoria única del Real Decreto 235/2013, de 5 de abril

9.2.4.- Real Decreto 1826/2009.

Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en ellos edificios, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

Algunas de las medidas que se establecen son:

- Obligación de limitar las temperaturas a mantener en el interior de los establecimientos de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos, comerciales, culturales, de ocio y en estaciones de transporte, con el fin de reducir su consumo de energía.
- Exhibición de la gama de temperaturas interiores registradas en los recintos de los edificios y locales que son frecuentados habitualmente por un número importante de personas o tienen una superficie superior a 1.000 m².
- Regular el sistema de apertura de puertas de los edificios y locales climatizados, con el fin de impedir que estén abiertas permanentemente con el consiguiente despilfarro energético por las pérdidas de calefacción y refrigeración al exterior.

- Actualización de la prohibición de instalar calderas de una y dos estrellas de prestaciones energéticas, reguladas por el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero. Se sustituye la referencia a estrellas por requisitos mínimos de rendimiento energético, manteniendo los mismos plazos de prohibición actuales.

9.2.5.- Real Decreto 233/2013

Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016.

El nuevo Plan se orienta a abordar la difícil problemática actual, acotando las ayudas a los fines que se consideran prioritarios y de imprescindible atención, e incentivando al sector privado para que en términos de sostenibilidad y competitividad, y con soluciones y líneas de ayuda innovadoras, puedan reactivar el sector de la construcción a través de la rehabilitación, la regeneración y la renovación urbanas y contribuir a la creación de un mercado del alquiler más amplio que el actual.

El Plan se estructura en los siguientes Programas:

- Programa de subsidiación de préstamos convenidos.
- Programa de ayuda al alquiler de vivienda.
- Programa de fomento del parque público de vivienda de alquiler.
- Programa de fomento de la rehabilitación edificatoria.
- Programa de fomento de la regeneración y renovación urbanas.
- Programa de apoyo a la implantación del informe de evaluación de los edificios.
- Programa para el fomento de ciudades sostenibles y competitivas.
- Programa de apoyo a la implantación y gestión del Plan.

Dentro del programa de rehabilitación edificatoria se considerarán actuaciones subvencionables para la mejora de la calidad y sostenibilidad en los edificios, entre otras las siguientes:

a) La mejora de la envolvente térmica del edificio o para reducir su demanda energética de calefacción o refrigeración, mediante actuaciones de mejora de su aislamiento térmico, la sustitución de carpinterías y acristalamientos de los huecos, u otras, incluyendo la instalación de dispositivos bioclimáticos. En todo caso, deberá cumplirse como mínimo lo establecido en el Documento Básico del Código Técnico de la Edificación DB-HE1.

b) La instalación de sistemas de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente sanitaria y ventilación para el acondicionamiento térmico, o el incremento de la eficiencia energética de los ya existentes, mediante actuaciones como: la sustitución de equipos de producción de calor o frío, la instalación de sistemas de control, regulación y gestión energética, contadores y repartidores de costes energéticos para instalaciones centralizadas de calefacción; el aislamiento térmico de las redes de distribución y transporte o la sustitución de los equipos de movimiento de los fluidos caloportadores; la instalación de dispositivos de recuperación de energías residuales; la implantación de sistemas de enfriamiento gratuito por aire exterior y de recuperación de calor del aire de renovación, entre otros.

c) La instalación de equipos de generación o que permitan la utilización de energías renovables como la energía solar, biomasa o geotermia que reduzcan el consumo de energía convencional térmica o eléctrica del edificio. Incluirá la instalación de cualquier tecnología, sistema, o equipo de energía renovable, como paneles solares térmicos, a fin de contribuir a la producción de agua caliente sanitaria demandada por las viviendas, o la producción de agua caliente para las instalaciones de climatización.

d) La mejora de la eficiencia energética de las instalaciones comunes de ascensores e iluminación, del edificio o de la parcela, mediante actuaciones como la sustitución de lámparas y luminarias por otras de mayor rendimiento energético, generalizando por ejemplo la iluminación LED, instalaciones de sistemas de control de encendido y regulación del nivel de iluminación y aprovechamiento de la luz natural.

f) La mejora o acondicionamiento de instalaciones para la adecuada recogida y separación de los residuos domésticos en el interior de los domicilios y en los espacios comunes de las edificaciones.

El Real Decreto en resumen, es una herramienta financiera para lograr la eficiencia energética.

9.2.6.- Real decreto 235/2013.

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. [24]

La certificación energética de los edificios existentes era una de las exigencias de la Directiva 2002/91/CE. En este Real Decreto se los preceptos que deben regir en dicha certificación.

Establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su eficiencia energética.

De esta forma, valorando y comparando la eficiencia energética de los edificios, se favorecerá la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

Además, este real decreto contribuye a informar de las emisiones de CO₂ por el uso de la energía proveniente de fuentes emisoras en el sector residencial, lo que facilitará la adopción de medidas para reducir las emisiones y mejorar la calificación energética de los edificios.

Se establece el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en su consumo energético, así como las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los edificios.

Establecen los plazos para la adaptación del Procedimiento básico a los edificios existentes, para la obtención del certificado y la obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética en edificios que presten servicios públicos, y para la obligación de realizar, por parte de los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, un inventario estadístico de las actuaciones relacionadas con los certificados registrados por ellas.

Regula la utilización del distintivo común en todo el territorio nacional denominado etiqueta de eficiencia energética, garantizando en todo caso las especificidades que sean precisas en las distintas comunidades autónomas.

9.2.7.- Real decreto 238/2013

Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. [25]

Las modificaciones establecidas en el presente real decreto tienen la doble finalidad de incorporar a nuestro ordenamiento jurídico las obligaciones derivadas de la Directiva 2010/31/UE, en lo relativo a las instalaciones térmicas de los edificios, y de actualizar el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, adaptándolo a las nuevas necesidades de ahorro y eficiencia energética.

A tales efectos, debe recordarse que el RITE se configura como el instrumento normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

A efectos de la aplicación del RITE se considerarán como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción

de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción y a las instalaciones térmicas que se reformen en los edificios existentes, exclusivamente en lo que a la parte reformada se refiere, así como en lo relativo al mantenimiento, uso e inspección de todas las instalaciones térmicas, con las limitaciones que en el mismo se determinan.

Se entenderá por reforma de una instalación térmica todo cambio que se efectúe en ella y que suponga una modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. En tal sentido, se consideran reformas las que estén comprendidas en alguno de los siguientes casos:

- La incorporación de nuevos subsistemas de climatización o de producción de agua caliente sanitaria o la modificación de los existentes.
- La sustitución de un generador de calor o frío por otro de diferentes características.
- La ampliación del número de equipos generadores de calor o frío.
- El cambio del tipo de energía utilizada o la incorporación de energías renovables.
- El cambio de uso previsto del edificio.
- La sustitución o reposición de un generador de calor o frío por otro de similares características.

9.2.8.- Real Decreto 56/2016.

Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorias energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro energético.
[26]

La finalidad de este real decreto será el impulso y la promoción de un conjunto de actuaciones a realizar dentro de los procesos de consumo energético que puedan contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como a optimizar la demanda energética de la instalación, equipos o sistemas consumidores de energía, además de disponer de un número suficiente de profesionales competentes y fiables a fin de asegurar la aplicación efectiva y oportuna de la citada Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012. En este sentido se trata también de profundizar en el desarrollo del mercado de los servicios energéticos a fin de asegurar la disponibilidad tanto de la demanda como de la oferta de dichos servicios.

En consecuencia, este real decreto transpone parcialmente la citada directiva, principalmente en lo relativo a auditorías energéticas, sistemas de acreditación para proveedores de servicios energéticos y auditores energéticos y la promoción de la eficiencia energética en los procesos de producción y uso del calor y del frío.

Las auditorías energéticas son herramientas que permiten a las organizaciones conocer su situación respecto al uso de energía y que, por el hecho de realizarse de forma distinta según los sectores, las empresas y los países, requieren de una normalización que permita hacer comparables los resultados obtenidos.

Se establece un «Sistema de acreditación para proveedores de servicios energéticos y auditores energéticos», que regule las condiciones y requisitos que deben observarse para la acreditación de estos proveedores y auditores.

La acreditación es fundamental para el correcto funcionamiento de un mercado transparente y orientado a la calidad en Europa, constituyendo la herramienta establecida a escala internacional para generar confianza sobre la actuación de los verificadores de cualquier actividad.

En capítulo IV, «Promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío», se regula la evaluación del potencial de cogeneración de alta eficiencia y de sistemas urbanos de calefacción y refrigeración que se debe realizar, con objeto de

facilitar información a los inversores en cuanto a los planes nacionales de desarrollo y contribuir a un entorno estable y propicio para las inversiones.

9.2.9.- Real Decreto 244/2019.

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. [27]

Tiene el objeto de establecer:

- Las distintas condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo.
- La definición del concepto de instalaciones próximas a efectos de autoconsumo.
- El desarrollo del autoconsumo individual y colectivo.
- El mecanismo de compensación entre déficits de los consumidores y excedentes de sus instalaciones de producción.
- La organización de todo este proceso.

Y es de aplicación a las instalaciones y sujetos acogidos cualquiera de las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica.

9.2.10.- Resolución de 25/03/2021 (PNIEC)

Resolución de 25 de marzo de 2021, conjunta de la Dirección General de Política Energética y Minas y de la Oficina Española de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de marzo de 2021, por el que se adopta la versión final del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. [8]

10. Bibliografía.

- [1] F. S. Albavera, «América Latina y la búsqueda de un nuevo orden energético mundial,» *NUEVA SOCIEDAD* 204, 2006.
- [2] R. Fouquet, «Economics of Energy and Climate Change: Origins, Developments and Growth.,» 2012.
- [3] A. L. Guerrero, 2021. [En línea]. Available: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/6HTZWdf3h7dg3QgpknNCQbm/?lang=es>. [Último acceso: 14 octubre 2022].
- [4] A. Newton, «Warming the early Earth.,» julio 2010. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1038/ngeo911>. [Último acceso: mayo 2022].
- [5] IEA, «IEA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-technology-rdd-budgets-data-explorer>. [Último acceso: mayo 2022].
- [6] I. Lara, «Página12,» 10 abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.pagina12.com.ar/413368-como-impacta-la-guerra-en-la-transicion-energetica..> [Último acceso: noviembre 2022].
- [7] «www.idae.es,» [En línea]. Available: <https://www.idae.es/index.php/informacion-y-publicaciones/estudios-informes-y-estadisticas>. [Último acceso: mayo 2022].
- [8] M. p. l. t. e. y. e. r. demográfico, «www.miteco.gob.es,» 2021. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf.
- [9] Inarquia, «Inarquia,» [En línea]. Available: <https://inarquia.es/district-heating-origen-caracteristicas/>. [Último acceso: septiembre 2022].
- [10] R. Garay, «Calor y frio,» 26 octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/district-heating-cooling-redes-urbanas-calor-y-frio-ventajas-de-sistema-eficiente.html>. [Último acceso: 2 noviembre 2022].

- [11] L. Navarro Soler, «Newtral,» 22 julio 2022. [En línea]. Available: <https://www.newtral.es/district-heating/20220729/>. [Último acceso: septiembre 2022].
- [12] we district, «We district,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.wedistrict.eu/interactive-map-share-of-district-heating-and-cooling-across-europe/>. [Último acceso: noviembre 2022].
- [13] «adhac.es,» 8 Noviembre 2022. [En línea]. Available: https://www.adhac.es/portalsSrvcs/publicaciones/archivos/10_Presentacion_Censo_de_Redres_2022.pdf. [Último acceso: 14 Noviembre 2022].
- [14] «www.construible.es,» 21 10 2020. [En línea]. Available: <https://www.construible.es/2020/10/21/construccion-primeras-promociones-ecobarrio-vallecas-finalizara-ano>. [Último acceso: 14 mayo 2022].
- [15] «www.emvs.es,» [En línea]. Available: <https://www.emvs.es/Proyectos/Seleccion/Paginas/CV.aspx> . [Último acceso: 22 mayo 2022].
- [16] D. d. Madrid, «diario.madrid.es,» [En línea]. Available: <https://diario.madrid.es/blog/2021/07/19/el-ayuntamiento-de-madrid-impulsa-el-ecobarrio-de-puente-de-vallecas>. [Último acceso: 2 mayo 2022].
- [17] M. M. Prieto González y I. Suárez Ramón, Tablas y gráficos para la resolución de problemas de Transmisión de Calor, Servicio de Publicaciones, 2008.
- [18] «www.nortegas.es,» [En línea]. Available: <https://www.nortegas.es/nuestros-negocios/distribuciondegasnatural/caracteristicasdelgasnatural/#:~:text=Su%20Pod er%20Calor%C3%ADfico%20Superior%20es,impiden%20su%20salida%20al%20ext erior.> . [Último acceso: septiembre 2022].
- [19] «Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,» Julio 2022. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf. [Último acceso: 14 Noviembre 2022].
- [20] «www.boe.es,» MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, 31 marzo 2021. [En línea]. Available:

<https://www.boe.es/boe/dias/2021/03/31/pdfs/BOE-A-2021-5106.pdf>. [Último acceso: septiembre 2022].

- [21] eur-lex.europa.eu, «eur-lex.europa.eu,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aenergy&lang1=ES&from=EN&lang3=ES&lang2=ES&csrf=6149a2e4-e8f2-456f-a708-b948d793b2fe>. [Último acceso: octubre 2022].
- [22] «www.boe.es,» 17 marzo 2006. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314/con>. [Último acceso: mayo 2022].
- [23] «www.boe.es,» 20 julio 2007. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/07/20/1027/con>. [Último acceso: mayo 2022].
- [24] «www.boe.es,» Boletín Oficial del Estado, 5 abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/04/05/235/con>. [Último acceso: septiembre 2022].
- [25] cinco abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/04/05/238>. [Último acceso: noviembre 2022].
- [26] «www.boe.es,» 12 febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2016/02/12/56>. [Último acceso: septiembre 2022].
- [27] «www.boe.es,» Boletín Oficial del estado, 5 abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244>. [Último acceso: septiembre 2022].
- [28] IEA, «www.iea.org,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/reports/spain-2021>.
- [29] G. d. España, «miteco.gob.es,» 20 enero 2020. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/images/es/informesocioeconomicopnieccompleto_tcm30-508411.pdf. [Último acceso: octubre 2022].