

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Escuela de Ingeniería

**Máster Universitario en Gestión Ambiental y
Energética en las Organizaciones**

Auditoría energética de un bloque de viviendas en Madrid

Trabajo Fin de Máster

Presentado por: Alonso Galán, Estela

Director/a: Morales Ortiz, María del Pilar

Ciudad: Madrid

Fecha: 08/02/2018

INDICE

Resumen	7
Abstract	7
1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 Planteamiento del problema.....	8
1.2 Metodología de trabajo.....	10
1.3 Estructura del trabajo	12
2 CONTEXTO Y ESTADO DEL ARTE	13
2.1 El cambio climático	13
2.2 Acciones gubernamentales para paliar el Cambio Climático	15
2.3 Eficiencia Energética en la edificación	17
2.4 Mejoras de Eficiencia Energética - soluciones constructivas	18
2.5 Certificación Energética	20
2.6 Energía Renovable Solar Térmica	25
2.6.1 Exigencias en España para la incorporación de energías renovables en edificaciones	29
2.7 Situación actual de las Certificaciones en Madrid y España.....	30
2.7.1 Datos de Certificados de Edificios de Nueva Construcción	31
2.7.2 Datos de certificados de Edificios Existentes	32
2.8 Situación de las viviendas en Madrid	35
3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	37
3.1 Objetivo general	37
3.2 Objetivos específicos	37
3.3 Hipótesis	38
4 DESARROLLO.....	39
4.1 Consumo Energético a nivel residencial.....	39
4.2 Ahorro Energético en edificación.....	40
4.3 Descripción del edificio.....	44
4.3.1 Ubicación	44
4.3.2 Superficies y volúmenes	45
4.4 Análisis técnico CERMA.....	51
4.4.1 Calificación energética del edificio CERMA.....	52
4.4.2 Cumplimiento Código Técnico de la Edificación.....	53
4.4.3 Medidas de mejora de eficiencia energética CERMA.....	54

4.5	Análisis técnico-económico CE3X	66
4.5.1	Calificación energética del edificio CE3X	67
4.5.2	Medidas de mejora de eficiencia energética CE3X	67
4.5.3	Análisis económico de las mejoras CE3X	70
4.6	Aplicación de energía renovable - Solar Térmica	74
4.6.1	Demanda de energía en invierno y verano.....	77
4.6.2	Superficie necesaria de captación.....	78
4.6.3	Captadores necesarios	78
4.6.4	Sistema de Acumulación.....	80
4.6.5	Rentabilidad técnica/económica CERMA - CE3X.....	81
4.7	Combinación de las medidas 1, 3 y 4.....	84
4.7.1	Calificación energética CERMA - CE3X	84
4.7.2	Análisis económico CE3X	85
5	RESULTADOS	87
6	CONCLUSIONES	92
7	LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	95
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
9	ANEXOS	104
9.1	Anexo I. Datos catastrales	104
9.2	Anexo II. Plano de la vivienda	108
9.3	Anexo III. Características constructivas de la vivienda	109
9.4	Anexo IV. Calificación energética de la edificación.....	113
9.5	Anexo V. Mejora 2 de eficiencia energética. Huecos.....	116
9.7	Anexo VI. Medida 3 de eficiencia energética. Caldera de Biomasa_Pellets	118
9.8	Anexo VII. Nueva calificación energética tras las mejoras.....	119
9.9	Anexo VIII. Calificación y mejoras CE3X	122
9.10	Anexo IX. Captador solar plano-ficha técnica.....	129
9.11	Anexo X. Acumulador	130
9.12	Anexo XI. Calificación de la mejora 4 CE3X.....	132
9.13	Anexo XII. Calificación de la combinación de las mejoras 1+3+4 CE3X.....	133

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de la metodología del proyecto (Elaboración propia)	11
Figura 2. La huella ecológica según el nivel de ingresos (Informe Planeta Vivo - WWF, 2016, p.80).....	14
Figura 3. Interpretación de las etiquetas energéticas (Proveedora a la Industria y Construcción, PROINCO S.A., 2017, p.1)	21
Figura 4.CTE-HE documentos básicos (CTE-DB-HE, 2017, p.1)	23
Figura 5. CTE-HE documentos de apoyo (CTE-DB-HE, 2017, p.1).....	24
Figura 6. Esquema piramidal de la reglamentación (CTE-DB-HE, 2017, p.1).....	24
Figura 7.Diagrama general de la instalación de ACS (Ingemecánica, 2016, p.1)	27
Figura 8. Captador solar plano: partes (Ingemecánica, 2016, p.1)	27
Figura 9. Sistemas de ACS según zona climática (Proyecto SECH-SPAHOUSEC, 2011, p.49).....	28
Figura 10. Calificación energética de edificios existentes en consumo (IDAE, 2015, p.9).....	34
Figura 11. Procedencia de la energía primaria consumida en España 2011 (MINETUR, 2011, p.6).....	36
Figura 12. Evolución de la dependencia energética de España (MINETUR, 2012, p.43)	36
Figura 13. Evolución de consumos sector edificios doméstico (IDAE, 2011, p.203)	40
Figura 14. Localización de la edificación objeto de estudio	
(Google Maps, 2018).....	44
Figura 15. Características constructivas de los puentes térmicos (CERMA)	50
Figura 16. Calificación energética de la edificación (CERMA)	52
Figura 17. Verificación del cumplimiento del CTE-HE1 (CERMA)	53
Figura 18. Variación de temperatura a través de pvc tres cámaras	55
(OnVentanas, 2014, p.1)	55
Figura 19. Comparación transmitancia térmica y número de cámaras	55
(MSVentanas, 2017, p.1).....	55
Figura 20. Mejoras de demanda (huecos)-emisiones de CO2 (CERMA).....	56
Figura 21. Mejora de demanda (huecos)-demanda de energías primarias no	57
renovables	57
Figura 22. Porcentaje aproximado de energía pérdida por cerramiento de la vivienda (ISOVER, 2014, p.3)	58
Figura 23. Aislamiento lana mineral (ISOVER, 2014, p.6)	59
Figura 24.Mejora de demanda (aislamiento)-emisiones de CO2 (CERMA).....	60

Figura 25. Mejora de demanda (aislamiento)-demanda de energía primaria no renovable (CERMA).....	60
Figura 26. Comparación de costes entre combustibles vegetales y fósiles (Artese, C., Schenone, G. & Bartolelli, V., s.f., p.1)	61
Figura 27. Esquema de una caldera de pellets moderna (Artese, C., Schenone, G. & Bartolelli, V., s.f., p.1)	62
Figura 28. Mejoras de equipos-emisiones de CO2 (CERMA)	63
Figura 29. Mejoras de equipos-demanda de energías primarias	63
no renovables (CERMA)	63
Figura 30. Nueva calificación energética emisiones de CO2 tras las mejoras	64
(CERMA).....	64
Figura 31. Nueva calificación energética uso energías primarias no renovables tras las mejoras (CERMA)	64
Figura 32. Verificación del cumplimiento del CTE-HE1 (CERMA)	65
Figura 33. Calificación energética según CE3X (CE3X)	67
Figura 34. Nueva calificación tras la medida nº1 (CE3X).....	68
Figura 35. Nueva calificación tras la medida nº 3 (CE3X).....	68
Figura 36. Nueva calificación tras la medida nº1 (CE3X).....	69
Figura 37. Comparación de los ahorros generados por cada medida (CE3X)	69
Figura 38. Caldera para vivienda unifamiliar (Comunidad de Madrid, 2006, p.18).....	70
Figura 39. Valoración económica de las medidas (CE3X)	71
Figura 40. Resultado del análisis económico (CE3X)	71
Figura 41. Calificación energética tras la aplicación de la medida 4 (CERMA)	81
Figura 42. Calificación energética tras la aplicación de la medida 4 (CE3X).....	81
Figura 43. Valoración económica de la medida 4 (CE3X)	82
Figura 44. Resultado del análisis económico (CE3X)	82
Figura 45. Calificación energética tras la aplicación de todas las medidas (CERMA)	84
Figura 46. Calificación energética tras la aplicación de todas las medidas (CE3X)	84
Figura 47. Valoración económica de la combinación de todas las medidas (CE3X)	85
Figura 48. Resultado del análisis económico (CE3X)	85
Figura 49. Ahorros generados tras la aplicación de las medidas (CERMA)	88
Figura 50. Ahorros generados tras la aplicación de la medida 4 (CERMA)	89
Figura 51. Ahorros generados tras la aplicación de las medidas 1+3+4 (CERMA)	89
Figura 52. Ahorros generados por las diferentes medidas (CE3X)	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contribución solar mínima anual para ACS en %	27
Tabla 2. Zonas climáticas-radiación solar global media diaria anual	28
Tabla 3. Número de edificios certificados	30
Tabla 4. Calificaciones de los edificios nuevos certificados por CCAA	32
Tabla 5. Calificaciones de los edificios existentes certificados por CCAA.....	33
Tabla 6. Calificaciones en consumo de los edificios existentes certificados por CCAA	34
Tabla 7. Consumo energético en los hogares españoles	39
Tabla 8. Resumen del ahorro generado por cada medida en el sector edificación (Plan de Acción 2011-2020)	43
Tabla 9. Características constructivas del muro exterior	45
Tabla 10. Características constructivas de la medianera.....	46
Tabla 11. Características constructivas del tabique interior	46
Tabla 12. Características constructivas de la cubierta exterior	47
Tabla 13. Características constructivas del forjado interior horizontal	47
Tabla 14. Características constructivas de la solera.....	48
Tabla 15. Características constructivas ventanas grupo 1.....	49
Tabla 16. Características constructivas ventanas grupo 2.....	49
Tabla 17. Caldera de Biomasa estándar	71
Tabla 18. Emisiones acumuladas (2011 - 2020) de CO ₂ evitadas por el nuevo parque de energías renovables del PER 2011-2020	74
Tabla 19. Demanda de referencia a 60 °C.....	76
Tabla 20. Tabla comparativa con respecto a la calificación energética.....	87

RESUMEN

El presente proyecto pretende mejorar la eficiencia energética de un bloque de tres viviendas situado en el distrito madrileño de Vicálvaro, a través del desarrollo de una auditoria energética. El primer paso, para llevar a cabo el análisis energético de las viviendas objeto de estudio es recopilar parámetros tales como las características climáticas del entorno, las características de los elementos constructivos, la envolvente térmica y las instalaciones térmicas entre otros. Con todos estos datos y a través de las herramientas informáticas oficiales CERMA y CE3X se emite la calificación energética de la vivienda, en este caso una calificación energética C, junto con el estudio de las posibles alternativas de mejoras de eficiencia energética tanto desde el punto de vista técnico como económico. Entre las medidas de mejora destacan, las modificaciones en huecos y ventanas, la incorporación de una caldera de Biomasa, la aplicación de paneles solares térmicos etc. Con la combinación de todas las medidas seleccionadas se obtienen ahorros en emisiones de CO₂ y demanda de ACS en torno al 90%, pasando de una calificación energética de C a A.

Palabras clave: eficiencia energética, auditoria energética, calificación energética, ahorro, renovables

ABSTRACT

This project aims to increase the energy efficiency of a flat of three homes located at the Madrid's district of Vicálvaro, through the development of an energy audit. The first action, is to carry out an analysis of the use of the house's energy, is collecting parameters such as the climatic characteristics of the environment, the characteristics of the constructive elements, the thermal envelope and the thermal installations among others. With all of that and through the use of available official computer tools CERMA and CE3X, the energy rating of the current state of the home is obtained; in this case the current state of the home is C, along with the study of the possible improvements energetic efficiency alternatives from the technical and economic point of view. The improvement measures include modifications in holes and windows, the incorporation of a Biomass boiler, the application of thermal solar panels etc. With the combination of all the selected measures the savings of CO₂ emissions and ACS demand is approximately 90%, going from a C to an A energy rating.

Keywords: energy efficiency, energy audit, energy rating, saving, renewable

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) se ha realizado con el objetivo de evaluar cómo se consume la energía en un bloque de viviendas situado en la Comunidad Autónoma de Madrid, posibilitando en la medida de lo posible mejorar por un lado, este consumo energético a través de la eficiencia energética y por otro lado aminorar los efectos negativos del cambio climático. Este último desde mi punto de vista, es muy importante controlarlo ya que en la actualidad el cambio climático es uno de los mayores riesgos a los que se enfrenta nuestro planeta.

En cuanto al consumo energético en Europa aproximadamente el 35% es debido a los edificios residenciales, el resto del consumo corresponde al transporte y las actividades industriales. Aproximadamente, el 39% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) emitidas a la atmósfera son debidas a las viviendas, generadas tanto en los sistemas de calefacción como de refrigeración (González de la Peña, 2007). Para realizar un ahorro óptimo, se debe reducir la demanda de calefacción en invierno y la demanda de refrigeración en verano, reduciendo de esta manera el consumo de energía realizado por la vivienda.

La eficiencia energética se debe buscar en todos los sectores productivos, dado que derivado de esta se producirán grandes ahorros económicos tanto en empresas como en particulares. De otro modo, se consigue reducir la dependencia energética con respecto a terceros países, disminuyendo así las emisiones de GEI a la atmosfera.

Para generar un ahorro energético a nivel residencial se pueden aplicar tres reglas simples como pueden ser, la implementación de energías renovables, sistemas y equipos más eficientes que dispongan de un menor consumo energético, y llevar a cabo una reducción de la demanda producida en la edificación de energía. La base del ahorro energético, es la reducción de la demanda, consiguiendo de este modo una construcción sostenible. Para reducir la demanda en climatización se deberá incrementar el aislamiento térmico, haciendo que nuestra vivienda requiera una menor cantidad de energía para alcanzar el confort térmico necesario (González de la Peña, 2007).

El desarrollo del presente proyecto consiste en exponer, en primer lugar los antecedentes con respecto a la eficiencia energética y la importancia y necesidad de evaluar está en los inmuebles. Presentar de forma detallada los diferentes objetivos a alcanzar tras el desarrollo del trabajo, junto con la hipótesis de este.

A continuación, el objetivo es describir el edificio objeto de estudio, evaluar y medir técnica y económicamente las alternativas de eficiencia energética y por último, proponer una aplicación de energía renovable, en este caso paneles solares para satisfacer parte de la demanda de agua caliente sanitaria. En la última parte del proyecto, el fin, es presentar los resultados y conclusiones obtenidas tras el análisis de estos, permitiendo proponer mejoras para líneas de investigaciones futuras.

1.2 Metodología de trabajo

El presente trabajo pretende evaluar de qué forma se consume la energía en un bloque de viviendas de tres pisos situado en Madrid, a través de la auditoría energética con su certificación y calificación energética posterior mediante la utilización de los softwares de certificación oficiales permitidos por el MINETUR (Ministerio de Industria, Energía y Turismo), a fin de, proponer mejoras si fuese necesario, viables tanto desde el punto de vista técnico como económico. En este caso ha sido elegido un bloque de viviendas de la Comunidad de Madrid, ya que se trata de la Comunidad Autónoma en la que resido.

Para rehabilitar un edificio siguiendo con los criterios de eficiencia energética y sostenibilidad, se debe tener en cuenta tanto la demanda energética como los rendimientos de las instalaciones de estos. Por lo tanto, se deben establecer medidas que aumenten en todo momento el rendimiento de los equipos y disminuyan la demanda energética.

La fase 1, consiste en estudiar el estado actual tanto a nivel local como regional el consumo de energías primarias en el sector residencial, los posibles problemas ocasionados al medio ambiente, junto con las posibles soluciones. Demostrando la importancia de la eficiencia energética y la importancia de un buen aislamiento térmico. Teniendo en cuenta la normativa a nivel mundial y local referente a la eficiencia energética y la importancia de incluir energías alternativas en la edificación.

En la fase 2, queda definido el objetivo general y los objetivos específicos, quedando definiendo de este modo el alcance del proyecto.

En la fase 3, se deben caracterizar y evaluar los diferentes componentes y elementos que conforman el edificio objeto de estudio. Atendiendo a los diferentes materiales constructivos de los que está formada la envolvente del edificio, los sistemas de refrigeración, calefacción etc., empleados.

Durante la fase 4, con toda la información recopilada en la fase tres y mediante la utilización de las aplicaciones informáticas del MINETUR, se obtiene una calificación energética del edificio objeto de estudio, permitiendo conocer de qué manera se consume la energía en la edificación. Este programa, a su vez permite generar una serie de propuestas de mejora de eficiencia energética.

En la fase 5, las propuestas de mejora, obtenidas tras los análisis se deben evaluar económicamente, valorando la rentabilidad de la aplicación de estas. Con un cálculo aproximado de los años necesarios para recuperar la inversión realizada en estas posibles mejoras aplicables al edificio.

En la fase 6, se evalúa y estudia la posibilidad de instalar energías renovables en la edificación, en este caso la energía renovable seleccionada es la energía solar térmica, para aportar parte de la energía necesaria para Agua Caliente Sanitaria (ACS), según lo que dicta El Código Técnico de La Edificación (CTE).

En la Fase 7, se analizan y comparan tanto técnica como económicamente las diferentes alternativas, combinando el último lugar las medidas de eficiencia energética seleccionadas.

Por último la fase 8, consiste en el análisis y presentación de resultados, conclusiones y limitaciones encontradas de cara a solucionar problemas en trabajos futuros.

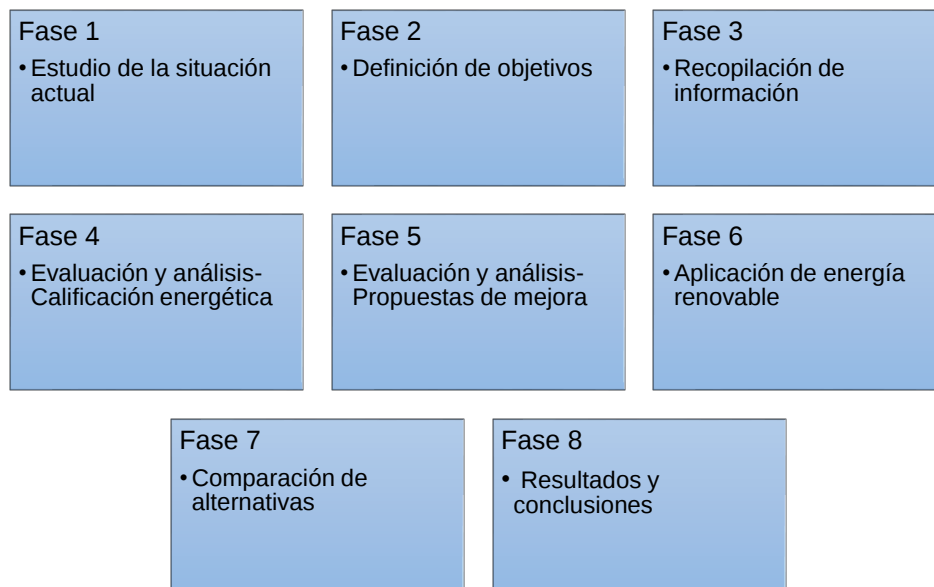


FIGURA 1. FASES DE LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO (Elaboración propia)

1.3 Estructura del trabajo

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) se ha realizado con el objetivo de evaluar cómo se consume la energía en un bloque de viviendas situado en la Comunidad Autónoma de Madrid, posibilitando en la medida de lo posible mejorar por un lado, este consumo energético a través de la eficiencia energética y por otro lado aminorar los efectos negativos del cambio climático. Este último desde mi punto de vista, es muy importante controlarlo ya que en la actualidad el cambio climático es uno de los mayores riesgos a los que se enfrenta nuestro planeta. Para cumplir con estos objetivos, se detallan a continuación los contenidos del presente proyecto:

Capítulo 1. En este apartado se realiza una breve introducción del proyecto, incorporando el planteamiento del trabajo, la metodología y la estructura y contenidos del mismo.

Capítulo 2. En este capítulo se expone el estado del arte y el contexto, realizando un estudio y análisis sobre el cambio climático , las acciones gubernamentales para paliar el Cambio Climático, la Eficiencia Energética en la edificación, las posibles mejoras de Eficiencia Energética atendiendo a las soluciones constructivas, definición de Certificación Energética, importancia de introducir en la edificación las Energía Renovable (en este caso la Solar Térmica), situación actual de las Certificaciones en Madrid y España (tanto edificios de nueva construcción como ya existentes) y por último el análisis de la situación de las viviendas en Madrid.

Capítulo 3. En este capítulo se define el objetivo principal y los específicos, además de la exposición de la hipótesis del trabajo.

Capítulo 4. Este consiste en el desarrollo del proyecto, siendo por ello uno de los más extensos e importantes. En primer lugar se lleva a cabo la evaluación del consumo energético a nivel residencial y las posibles mejoras de ahorro energético en edificación, Por otro lado se describe el edificio objeto de estudio, atendiendo a su ubicación, superficies y volúmenes y la Calificación energética obtenida tras el análisis. Tras esta evaluación se proponen medidas alternativas para la mejora de la eficiencia energética junto con la aplicación de energía renovable (solar térmica). En los últimos capítulos, se exponen los resultados, las conclusiones y las limitaciones encontradas en el proyecto para mejorar trabajos futuros, junto con las referencias bibliográficas y anexos.

2 CONTEXTO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 El cambio climático

El cambio climático está provocado por un incremento de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Esto ocasiona que un mayor porcentaje de los rayos del sol queden atrapados en la misma, produciendo así una subida de temperatura a escala global. La subida de las temperaturas es el síntoma más palpable del cambio climático, aunque no el único, ya que hay multitud de impactos asociados que no se aprecian a simple vista y que resultan igual de dañinos (Informe Planeta Vivo - WWF, 2016).

El aumento mundial del consumo y de la demanda energética, junto con los transportes, la agricultura, la actividad industrial y la deforestación, han creado un aumento de emisiones de CO₂ y metano a la atmósfera, gases de efecto invernadero causantes entre otros del cambio climático (Mundoenergía Agencias, 2002).

Los GEI resultan imprescindibles para mantener la temperatura del planeta, permitiendo así el desarrollo de la vida. Esto se convierte en un problema en el momento en la que la producción de estos gases aumenta sin control, a consecuencia de la actividad humana; generándose una alteración del equilibrio natural. El dióxido de carbono (CO₂) es el GEI más conocido, pero no el único; el vapor de agua, el metano, el ozono y otros gases son también causantes de estos impactos (Turismo Sostenible, 2009). Los científicos resaltan la importancia de realizar mayor número de investigaciones que ayuden a entender por completo el funcionamiento de estos gases y su efecto real en el cambio climático.

El IPCC (Panel Internacional de Expertos en el Cambio Climático), afirma que el calentamiento global se trata de un hecho que producirá y está produciendo en la actualidad, graves consecuencias en la atmósfera y la biodiversidad; aumento de la temperatura media de la Tierra durante el presente siglo entre 1 y 3,5 grados, disminución de la capa de hielo en los Polos, inundaciones de zonas bajas e islas por el incremento del nivel del mar, aumento de la desertización, desaparición de flora y fauna en ecosistemas, escasez de agua e inestabilidades atmosférica (huracanes, incendios, tornados etc.) y efectos secundarios asociados a catástrofes humanas, propagación de la hambruna y enfermedades (Mundoenergía Agencias, 2002).

En la actualidad, existe un indicador que mide el impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza, este se conoce como la huella ecológica. Tiene en cuenta la superficie necesaria para producir los recursos y a su vez la necesaria para absorber los impactos de dicha actividad (Informe Planeta Vivo - WWF, 2016). Esta superficie suma la tierra productiva (o biocapacidad) necesaria para los cultivos, el pastoreo, el suelo urbanizado y las zonas pesqueras. La huella ecológica en este momento es muy profunda, superando con creces la capacidad de acogida del planeta. Como se muestra en la Figura 2, los países están siguiendo, a diferente ritmo, un patrón de desarrollo similar, caracterizado por la transición de las economías agrarias, basadas en la biomasa, a las industrializadas, basadas en los combustibles fósiles, siendo el carbono uno de los gases de mayor impacto.

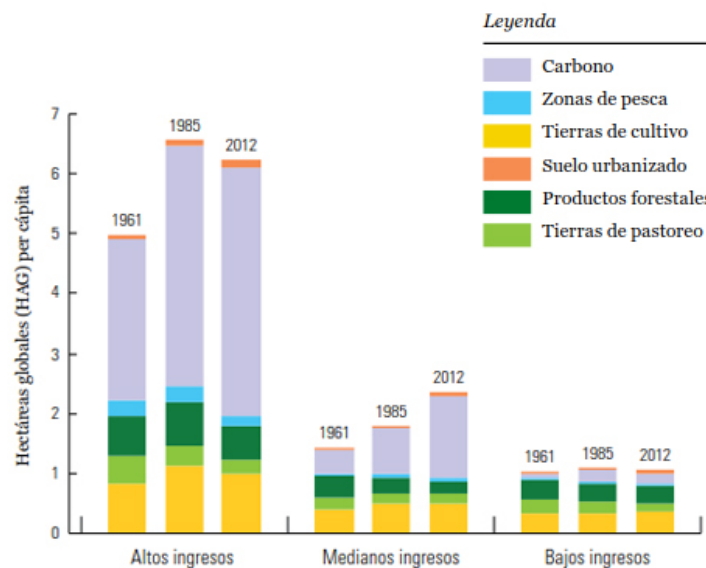


FIGURA 2. LA HUELLA ECOLÓGICA SEGÚN EL NIVEL DE INGRESOS (INFORME PLANETA VIVO - WWF, 2016, P.80)

El Informe Planeta Vivo publicado por World Wildlife Fund-WWF en 2016 afirma, que los países con más Huella Ecológica total son China, EEUU e India, mientras que los que tienen una Huella Ecológica superior per cápita son Luxemburgo, Australia y EEUU. España ocupa el puesto 22 del ranking mundial.

Actualmente a diferencia de hace veinte años, el discurso ha variado, la comunidad científica internacional debatía sobre la veracidad de que la Tierra estuviera sufriendo un cambio en su entorno, en este momento, sin embargo, los esfuerzos se centran en valorar la magnitud del problema para poder con ello, prevenir las consecuencias.

2.2 Acciones gubernamentales para paliar el Cambio Climático

Para prevenir las consecuencias generadas por la actividad humana sobre el entorno natural, se han puesto en marcha diferentes programas cuyo objetivo principal es el de promover el desarrollo sostenible.

Uno de los ejemplos más importantes es la creación del Protocolo de Kioto. La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptada en 1992, el IPCC publica un Segundo Informe de Evaluación, este se centraba en los cambios del clima causados por las emisiones de gases de efecto invernadero. En 1997, la Unión Europea y sus Estados Miembros asumieron, la obligación de reducir las emisiones de GEI en un 8% respecto al año base (1990/1995), es decir, quedó establecido el Protocolo de Kioto (2008-2012). Este compromiso se asumió de forma conjunta, a su vez, se realizó un reparto interno entre los estados miembros atendiendo al artículo 4 del dicho protocolo, haciendo diferentes los objetivos a alcanzar en cuanto a reducción de emisiones de GEI para cada uno de ellos, en función de una serie de parámetros a tener en cuenta (Congreso Nacional del Medio Ambiente, Fundación CONAMA, 2014.).

Este, entró en vigor en febrero del 2005, el Protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero, a través de un mercado de emisiones. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones de GEI para los países industrializados y la Unión Europea, ya que se reconoce a estos como los principales responsables de los elevados niveles de emisiones que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de la quema de combustibles fósiles (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, 2014).

El Protocolo introdujo asimismo tres nuevos mecanismos internacionales denominados "mecanismos de flexibilidad" o "mecanismos de Kioto", componentes básicos de dicho Protocolo. Estos mecanismos son; el comercio internacional de derechos de emisión de GEI, la Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Los dos últimos implican la transferencia de los créditos de reducción de las emisiones acumuladas gracias a proyectos de reducción de emisiones (DEUMAN, 2005).

En el caso de España, según datos provisionales de La Secretaría de Estado de la Energía (Proyecto SECH-SPAHOUSEC, 2011), este reparto supone la obligación de que la media de emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) en el período 2008-2012 no supere el 15% del nivel de emisiones del año base (1990/1995) (Arroyo, L. J., Cabal, H., Collell, C. M., Breva, G. J. & Marzo, M., 2011).

El Protocolo de Kioto se considera como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona un marco esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro (UNFCCC, 2014). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha indicado claramente que son necesarias estas reducciones de GEI.

El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos. Promoviendo la importancia de tener en cuenta el medio ambiente por parte de las empresas, a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones y actividades.

“En el periodo 2013-2020, la Unión Europea ha comunicado su intención de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto al año 1990, en línea con el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático” (Fundación CONAMA, 2014.).

Existen una serie de compromisos establecidos entre los Estados miembros de la Unión Europea para alcanzar así una mayor eficiencia energética, estos son los objetivos 20-20-20. Esta idea surge a raíz de una mayor concienciación por parte de la ciudadanía sobre la seguridad energética, la reducción del consumo energético y el cambio climático entre otros (International Business School, CEREM, 2015). Este compromiso queda plasmado en la Directiva 2012/27/UE. Donde se establecen los objetivos a alcanzar en el 2020

- Reducción de emisiones GEI en un 20 % con respecto a 1990. Aumentando esta cifra a un 30 % a través de acuerdos entre las diversas naciones.
- Aumento del uso de fuentes renovables al menos en un 20 %, cubriendo como mínimo un 10 % de las necesidades del transporte a través de biocombustibles.
- Aumento de un 20 % en la eficiencia energética, disminuyendo el consumo energético respecto a las cifras proyectadas para el 2020.

Uno de los objetivos, es llevar a cabo modificaciones y renovaciones en los edificios existentes, tanto de carácter privado como público, seguido de una promoción de la eficiencia energética por parte de los clientes finales. Fomentando los servicios energéticos de fácil acceso para las PYME, pequeñas y medianas empresas (Real Decreto 56/2016).

2.3 Eficiencia Energética en la edificación

A través del Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, transposición a la legislación española de la Directiva 2012/27/UE, se estudia con mayor profundidad el término de auditoría energética y el de sistema de gestión de la energía. Los Estados miembros de la Unión Europea deben fomentar el desarrollo de auditorías de elevada calidad con una buena relación entre eficacia y coste económico por parte de los usuarios. Concienciando por otro lado, de los beneficios de dichas auditorías y de la disposición de programas de formación para los auditores energéticos (Real Decreto 56/2016).

La eficiencia energética es un aspecto esencial de la estrategia europea para un crecimiento sostenible en el horizonte 2020, y una de las formas más rentables para reforzar la seguridad del abastecimiento energético y para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de otras sustancias contaminantes (Real Decreto 56/2016, pág.11655).

Las auditorías energéticas pueden ser específicas, o formar parte de una auditoría medioambiental. En la actualidad se está desarrollando una norma a nivel europeo específica para las auditorías energéticas; donde los Estados miembros de la Unión deben establecer una serie de certificados para los proveedores de servicios energéticos, sobre cualquier medida de mejora de eficiencia energética o de auditorías energéticas (Real Decreto 56/2016). Las auditorías deben seguir las normativas vigentes en esta materia como son ISO 50.001 y EN 16.247-1, entre otras.

Los Estados miembros, deben crear programas para aumentar la participación de las PYME en estas auditorías y a su vez seguir con las recomendaciones aportadas como resultado de estas. Para las grandes empresas las auditorías son obligatorias, ya que el consumo de energía es muy elevado y por lo tanto el ahorro energético obtenido puede ser considerable (Real Decreto 56/2016).

Por lo tanto, las grandes empresas se someterán a auditorías cada cuatro años por expertos acreditados o por autoridades independientes (Real Decreto 56/2016). A su vez, estas pueden estar realizadas por profesionales internos de la propia empresa, los cuales no podrán estar relacionados directamente con las actividades auditadas.

Tras la trasposición en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, quedó aprobado el procedimiento básico a seguir para la certificación de eficiencia energética en edificios de nueva construcción o existentes sometidos a cualquier proceso de arrendamiento o cambio de propietario (Real Decreto 235/2013).

La Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, quedó modificada 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 (Real Decreto 235/2013).

La Directiva 2010/31/UE obliga a realizar una certificación de la eficiencia energética de los edificios de nueva construcción o de aquellos a rehabilitar. Llevando a cabo inspecciones periódicas en los diferentes equipos del edificio como, calderas y sistemas de aire acondicionado. La Directiva exige que todos los edificios de nueva construcción en la UE a partir de 2020 posean una demanda energética casi nula, contando con un alto nivel de eficiencia energética (Instituto Universitario de Investigación Mixto-CIRCE, 2015).

2.4 Mejoras de Eficiencia Energética - soluciones constructivas

Desde el punto de vista energético, un edificio eficiente es aquel cuyo consumo de las energías convencionales es mínimo, poseyendo de este modo una demanda energética reducida. Por otro lado, aquel que produce si es posible, in situ esta energía y hace uso racional de ella. Para lograr esto, se deben aplicar estrategias de diseño pasivo y de diseño activo. El diseño pasivo, es aquella arquitectura donde se considera el clima y el contexto como condicionantes a tener en cuenta (Arquitectura+acero, s.f.)

Esto implica:

- Controlar la ventilación natural en verano, permitiendo así la renovación de aire y enfriar los espacios.
- Controlar la ventilación en invierno, permitiendo en todo momento mantener el aire limpio, pero sin afectar a la temperatura interior. Reduciendo de este modo, la energía requerida para los sistemas de aire acondicionado.
- Envolvente térmica del edificio con materiales que permitan, aislar y/o acumular calor en invierno. Procurando en todo momento que esta sea lo más hermética posible, evitando pérdidas térmicas en invierno. Esto permite, que los costes energéticos asociados a los sistemas de climatización, se reduzcan.
- Aprovechar en la manera de lo posible, la radiación solar externa para calentar pasivamente los espacios en invierno y/o controlar el exceso de radiación en verano para evitar sobrecalentamiento. Esto optimiza el aprovechamiento de la iluminación natural reduciendo la demanda energética de iluminación artificial.
- Equipos con alta eficiencia energética en iluminación que permitan ahorrar energía.

Sin embargo, el diseño activo, utiliza las tecnologías asociadas a las energías renovables no convencionales (ERNC) para generar la energía en la edificación. Consiste en, por ejemplo, generar energía térmica y/o eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, paneles solares térmicos, turbinas eólicas etc. Utilizando los recursos naturales. (Arquitectura+acero, s.f.)

Las actuaciones de eficiencia energética en los edificios existentes deben ir dirigidas tanto a la envolvente, como a las propias instalaciones interiores que lo conforman; mejorando el aislamiento térmico de las ventanas, las fachadas y cubiertas. Las instalaciones interiores susceptibles de mejora energética son diversas, entre ellas se encuentran las instalaciones de iluminación, de calefacción tanto individuales como comunitarias, ascensores de menor consumo, paneles solares térmicos para la producción de ACS, etc. (Comunidad de Madrid. 2010).

Por todo ello, España debe realizar grandes esfuerzos sobre la mejora de eficiencia energética en los diferentes sectores de actividad, en especial a nivel residencial. Promoviendo políticas energéticas de aumento de la producción energética nacional primando las energías renovables menos contaminantes. Reduciendo de este modo, la dependencia energética del exterior (Iglesias, P. A., 2014).

Bajo la Directiva Europea sobre eficiencia energética de los edificios, los Estados Miembros de la Unión deben desarrollar procedimientos para certificar energéticamente los edificios. Existen actualmente diferentes herramientas que permiten desarrollar esta actividad, atendiendo, al consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂. Las implicaciones económicas se estudian simulando viviendas con diferentes características constructivas e instalaciones en las diferentes zonas climáticas españolas. Los resultados, muestran que una mejor calificación energética no implica necesariamente un menor coste en el consumo energético (Ruá & López-Mesa, 2012).

2.5 Certificación Energética

La Certificación Energética de los Edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE y la Directiva 2010/31/UE. A través del Real Decreto 235/2013 de 5 de abril, se aprueba el procedimiento básico a seguir para llevar a cabo la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto existentes como de nueva construcción. Este procedimiento será desarrollado por el órgano competente en esta materia de la Comunidad Autónoma correspondiente, encargado también del registro de las certificaciones en su ámbito territorial, el control externo y las inspecciones.

“En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio estudiado una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes” (RD 235/2013)

La interpretación de esta etiqueta energética se muestra en la Figura 3, donde la clase A se asocia a edificaciones de muy alto grado de eficiencia con bajo consumo energético y la clase G a edificaciones con un consumo energético superior a 125%.

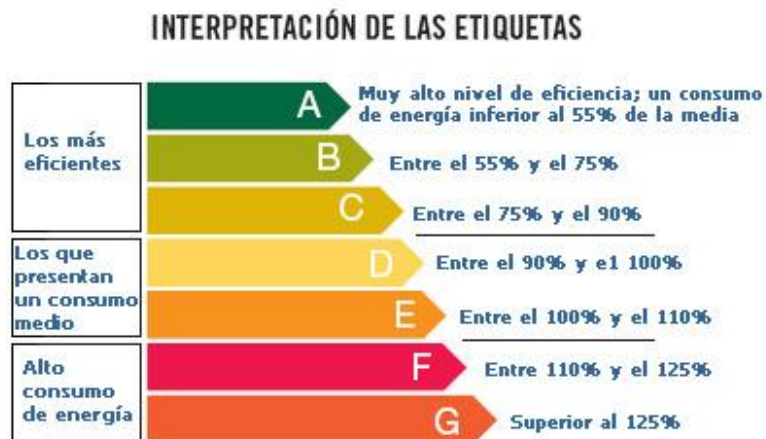


FIGURA 3. INTERPRETACIÓN DE LAS ETIQUETAS ENERGÉTICAS (PROVEEDORA A LA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN, PROINCO S.A., 2017, p.1)

En estos momentos, hay 3 casos donde es obligatorio obtener dicha certificación energética. Estos tres casos son, edificios de nueva construcción, edificios o partes de edificios existentes que vayan a ser vendidos o alquilados a un nuevo arrendatario, siempre que no dispongan de un certificado anterior en vigor y por último en edificios o partes de edificios en de autoridad pública con una superficie útil total superior a 250 m² (Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía-IDAE, 2013)

De manera conjunta el Ministerio de Industria Energía y Turismo y el Ministerio de Fomento acordaron en diciembre de 2015 cambios en el procedimiento de certificación. Estos cambios propiciaron tener que actualizar todas las aplicaciones informáticas válidas para la emisión de certificados de eficiencia energética, así desde el 14 de enero de 2016 es obligatorio presentar la certificación generada con la última versión de alguna de las siguientes herramientas informáticas:

- Herramienta Unificada Lider-Calener, HULC.
- Calificación Energética de Edificios Existentes, CE3.
- Calificación Energética de Edificios Existentes, CE3X.
- Calificación Energética Residencial Método Abreviado, CERMA.

HULC (Herramienta Unificada Lider-Calener). Su ámbito de aplicación está limitado a edificios de uso residencial privado y edificios terciarios pequeño y mediano, para edificios terciarios de gran tamaño, se ha diseñado la herramienta Calener GT. Esta herramienta unificada permite obtener los resultados necesarios para realizar la verificación de las exigencias de las Secciones HE0 y HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE). Esta herramienta cuenta con una serie de limitaciones, ya que no permite generar opciones de mejora ni llevar a cabo el análisis económico de estas; por lo que no va a ser utilizada en la evaluación del edificio objeto de estudio (IDAE, 2015).

CE3 (Calificación Energética de Edificios Existentes). Dado que esta herramienta es para la certificación y calificación de edificios existentes, el certificador debe disponer de todos los datos de la instalación, si por el contrario, se desconoce alguna información la herramienta permite seleccionar al usuario por defecto una opción que la aplicación propone como alternativa, en función del año de edificación del edificio objeto de estudio (IDAE, 2012).

CE3X (Calificación Energética de Edificios Existentes). El Procedimiento de certificación energética comienza con la recogida de datos quedando definido el comportamiento térmico del edificio existente y con ello la eficiencia energética de sus instalaciones térmicas. Esta aplicación permite introducir los datos del edificio de tres maneras diferentes, según el grado de conocimiento de las características térmicas del edificio y sus instalaciones, valores por defecto, valores estimados y por último a través de valores conocidos (IDAE, 2015). Esta aplicación informática permite elaborar el estudio económico de las medidas de mejora de eficiencia energética elegidas, aportando entre otros, los años necesarios de amortización de las medidas aplicadas en la edificación. Por ello, junto con CERMA, va a ser la aplicación informática utilizada en el presente proyecto.

CERMA (Calificación Energética Residencial Método Abreviado). Solo se pueden evaluar los edificios de nueva construcción y ya existentes, tanto si se trata de viviendas unifamiliares de uso individual como en bloque. A diferencia de HULC, la aplicación CERMA no es válida para el sector terciario. CERMA es un Documento Reconocido en la certificación de eficiencia energética de edificios residenciales existentes según la del 27 de junio de 2013 del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (IDAE, 2015). Por ello, junto con la aplicación informática CE3X va a ser seleccionada para evaluar el edificio objeto de estudio del presente proyecto.

Por todo lo definido anteriormente, aparece la figura normativa del Código Técnico de la Edificación (CTE), donde quedan establecidas las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

“Las Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios se refieren a materias de seguridad y habitabilidad” (Asociación Española de Normalización y Certificación; Código Técnico de la Edificación-CTE, 2017).

El CTE está formado por una serie de documentos básicos, entre los que se encuentran, el documento básico de seguridad estructural, de seguridad en caso de incendio, de salubridad y de ahorro de energía, expuestos en las Figuras 4 y 5 (CTE-DB-HE, 2017). Este último tiene por objeto establecer procedimientos y reglas a seguir para cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. Este, sigue una estructura piramidal, compuesta por una parte instrumental no obligatoria y otra reglamentaria de obligado cumplimiento, Figura 6.

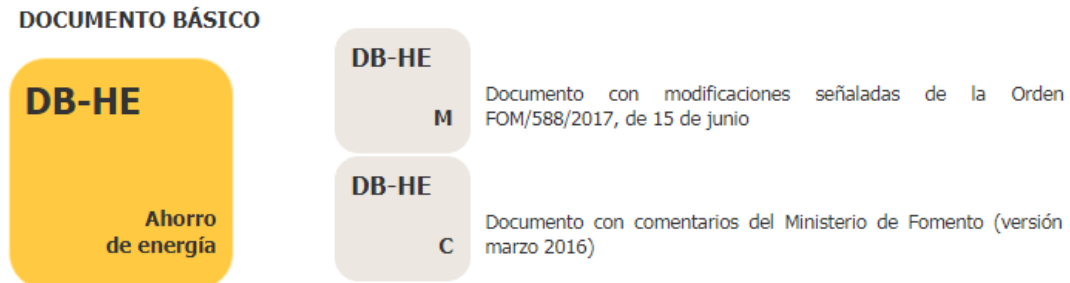


FIGURA 4. CTE-HE DOCUMENTOS BÁSICOS (CTE-DB-HE, 2017, p.1)

DOCUMENTOS DE APOYO

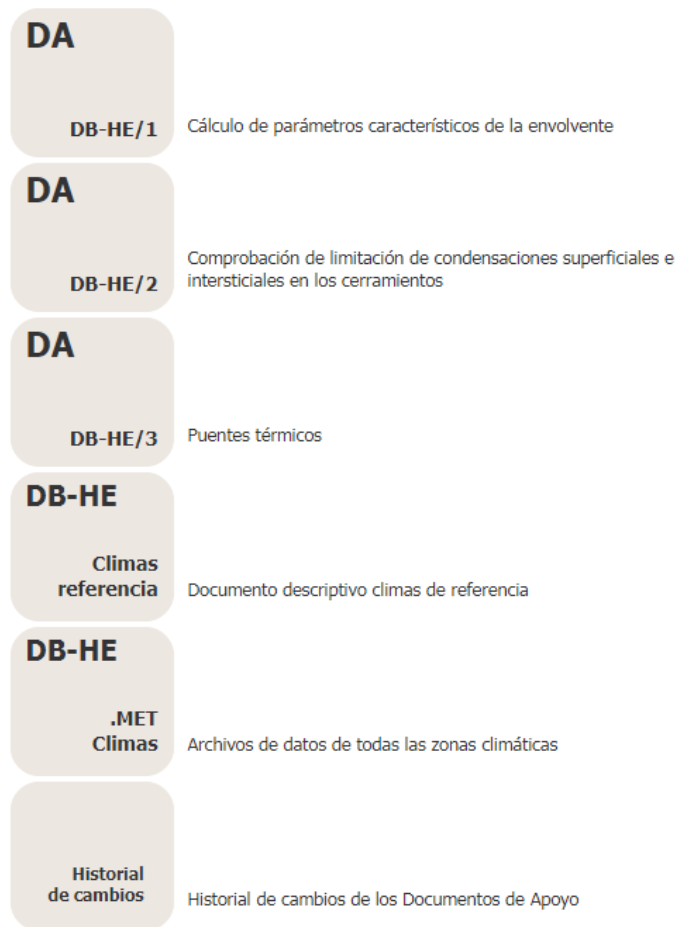


FIGURA 5. CTE-HE DOCUMENTOS DE APOYO (CTE-DB-HE, 2017, p.1)

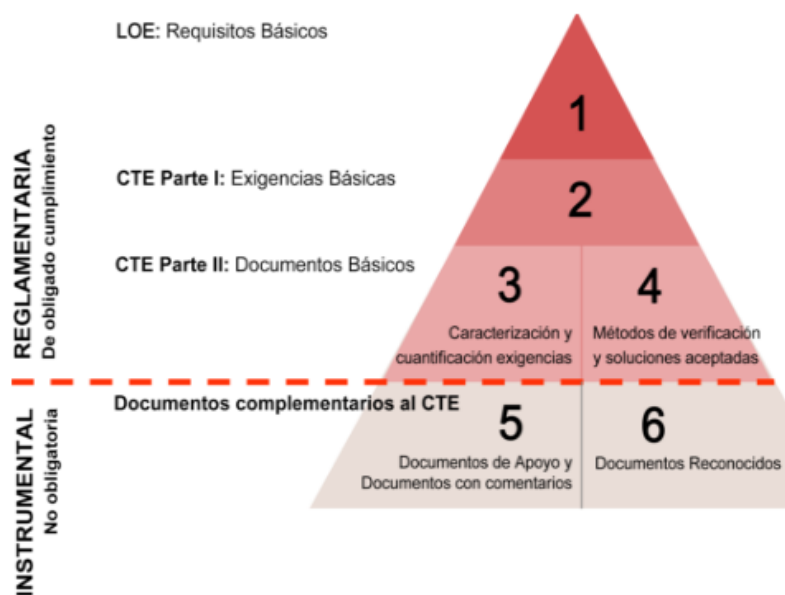


FIGURA 6. ESQUEMA PIRAMIDAL DE LA REGLAMENTACIÓN (CTE-DB-HE, 2017, p.1)

2.6 Energía Renovable Solar Térmica

Más concretamente, en la sección HE, se exponen los criterios básicos a seguir referentes a la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en la edificación (CTE-DB-HE, 2017).

Esta sección es de aplicación a:

- Edificaciones ya existentes o de nueva construcción donde se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica de este.
- Aquellos edificios donde exista una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 50 l/d.
- En aquellas ampliaciones o intervenciones, no comprendidas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.
- Para climatizaciones de piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.

La instalación solar térmica, está compuesta por una serie de sistemas encargados de captar la radiación solar incidente mediante captadores solares térmicos, transformando esta, en energía térmica útil calentando un fluido de trabajo, calo-transportador a través de un circuito hidráulico mediante circulación natural, por termosifón o circulación forzada por bomba. Posteriormente la energía generada se almacena de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo en los captadores, o bien transfiriendo este calor hacia la zona de acumulación para utilizar la energía posteriormente de forma directa en los puntos de consumo (CTE-DB-HE, 2017).

El sistema se complementa con sistemas auxiliares de apoyo (CTE-DB-HE, 2017). La instalación solar térmica para agua caliente está compuesta por los siguientes sistemas:

- Sistema de captación, formado por captadores solares, encargados de transformar la radiación solar incidente en energía térmica calentando el fluido de trabajo que circula por ellos.

- Sistema de acumulación formado por uno o varios depósitos para almacenar el calor hasta su uso posterior.
- Circuito hidráulico, constituido por válvulas, tuberías, bombas etc. A través de este circuito se desplaza el fluido caliente hasta el sistema de acumulación.
- Sistema de intercambio, transfieren la energía térmica captada desde el circuito de captadores hacia el sistema de acumulación para su consumo posterior.
- Sistema de regulación y control, asegura el correcto funcionamiento del equipo proporcionando la máxima energía solar térmica posible.
- Equipo de energía convencional auxiliar, utilizado para suplir la demanda energética, en momentos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista, garantizando la continuidad de suministro de agua caliente.

A su vez, los componentes del sistema de captación se describen a continuación (Ingemecánica, 2016), se adjuntan las Figuras 7 y 8 con un esquema del captador solar plano.

- Cubierta exterior, es el elemento transparente que cubre la placa absorbedora, generalmente de vidrio templado de bajo contenido en hierro.
- Placa absorbedora, es el elemento que absorbe la radiación solar, para luego transmitir esta energía al fluido térmico que circula por su interior. Constituida por una lámina metálica, normalmente de cobre o aluminio.
- Aislamiento, para reducir las pérdidas de calor hacia el exterior, se coloca un material aislante en el fondo de la carcasa y por los laterales que son las partes opacas del captador por donde no se necesita que entre radiación solar. Los materiales más empleados son las espumas de poliuretano y las resinas de melanina.
- Carcasa o caja envolvente, es el elemento contenedor de los demás componentes que constituyen el captador. Esta carcasa suele ser de aluminio anodizado, más ligero y resistente a los agentes atmosféricos, o de acero galvanizado. Normalmente incluye un marco que le confiere mayor rigidez.

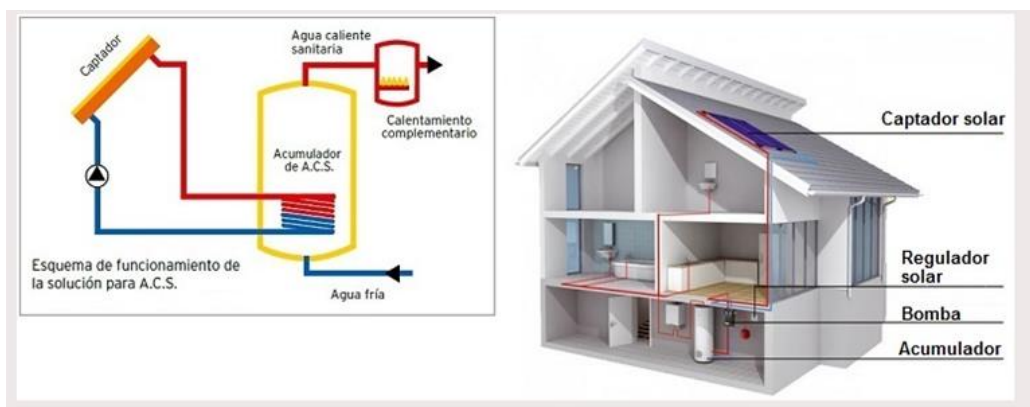


FIGURA 7. DIAGRAMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE ACS (Ingemecánica, 2016, p.1)

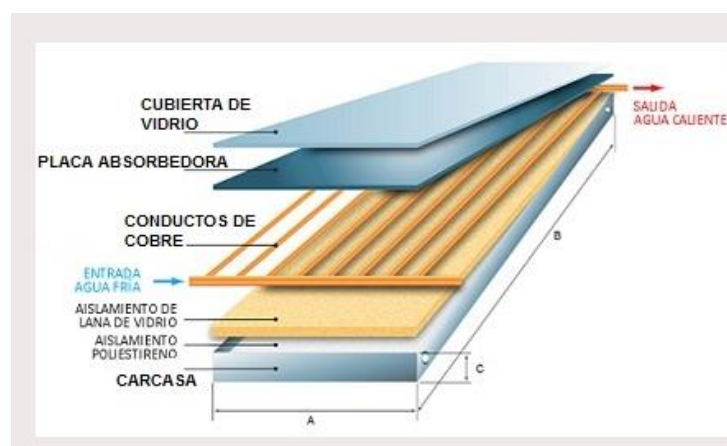


FIGURA 8. CAPTADOR SOLAR PLANO: PARTES (Ingemecánica, 2016, p.1)

Atendiendo al CTE-HE y a la Tabla 1 mostrada a continuación, se establece una contribución mínima de energía solar térmica en función de la zona climática donde se encuentre el edificio, desde un mínimo de aportación del 30% hasta un máximo de 70%.

TABLA 1. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA ANUAL PARA ACS EN %

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	40	50	60
5.000-10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

Adaptación del CTE-DB-HE, 2017, p.49

Por zonas climáticas se entiende, las diferentes zonas del territorio español definidas teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H). La zona climática se determina en función de donde se encuentra el edificio y la diferencia de altura entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de provincia (Tabla 2). En este caso España queda dividida en cinco zonas climáticas (CTE-DB-HE, 2017).

TABLA 2. ZONAS CLIMÁTICAS-RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIA DIARIA ANUAL

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Adaptación del CTE-DB-HE, 2017, p.54

Según la zona climática en la que se encuentre el edificio objeto de estudio, el sistema de agua caliente sanitaria puede variar, siendo el más utilizado en reglas generales en España durante el 2011, la caldera individual, que según la Figura 9, supone un porcentaje del 61%, seguido del termo eléctrico con un porcentaje de uso del 29%.

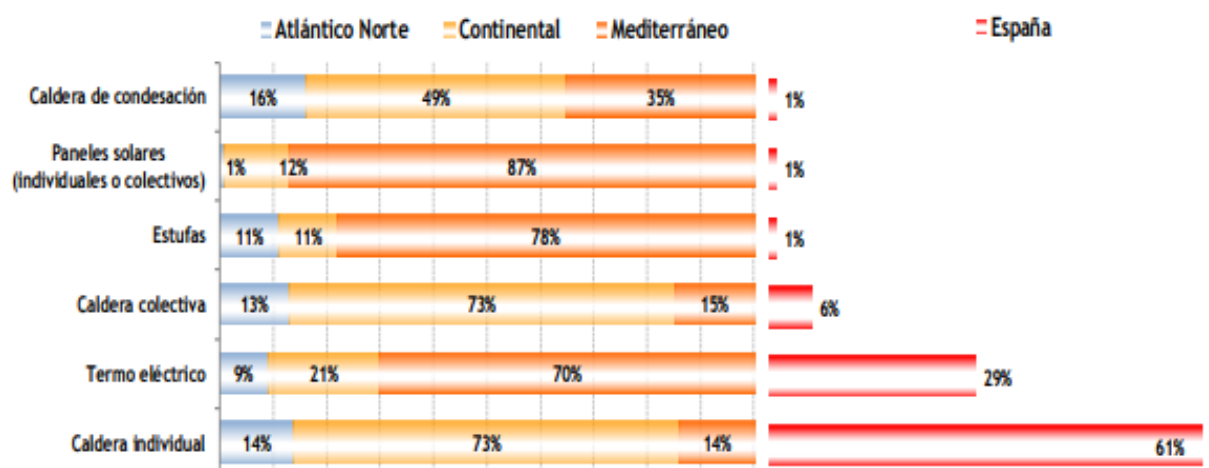


FIGURA 9. SISTEMAS DE ACS SEGÚN ZONA CLIMÁTICA (Proyecto SECH-SPAHOUSEC, 2011, p.49)

Una vez instalado el sistema que permite una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en la edificación, se debe establecer un plan de vigilancia y mantenimiento adecuado a las características de dicha instalación. El plan de vigilancia está compuesto por las operaciones que permiten asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones. Plan de observación simple de los principales parámetros funcionales (CTE-DB-HE, 2017).

Por otro lado, el plan de mantenimiento consiste en operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación (CTE-DB-HE, 2017). El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

2.6.1 Exigencias en España para la incorporación de energías renovables en edificaciones

En el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 presentado por IDAE, (IDAE, 2011), se detallan algunas normativas o exigencias necesarias para introducir las energías renovables en las viviendas:

(IDAE, 2011) afirma:

La Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece en su artículo 13 que se recoja la obligatoriedad de utilizar energías renovables en los edificios a partir del 31 de diciembre del 2014, a partir del 1 de enero de 2012 deberán empezar a jugar un papel ejemplar en el cumplimiento de la Directiva.

Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, siendo las energías renovables clave a tener en cuenta en los edificios, de cara a conseguir alcanzar los requisitos mínimos de eficiencia energética y los edificios de consumo energético casi nulo construidos a partir de 2020.

La Directiva 2002/91/CE del Real Decreto 314/2006 aprobada por el Código Técnico de la Edificación, donde se establece la obligatoriedad de uso de energías renovables en su sección HE 4. Concretamente en esta sección se establece una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS) según cada región de España. Adicionalmente, la sección HE 5 establece una contribución solar fotovoltaica mínima para edificios destinados a determinados usos y a partir de un cierto tamaño. (p. 564, 565)

Por último, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece condiciones a cumplir por las instalaciones destinadas a crear el bienestar térmico e higiene a través de los sistemas de calefacción, climatización y ACS, consiguiendo de este modo un uso racional de la energía, con respecto a las energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa (RITE 2007).

2.7 Situación actual de las Certificaciones en Madrid y España

El Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, establece la obligación de disponer de un Certificado de eficiencia energética a disposición de los compradores o usuarios de los edificios, para los contratos de compraventa o arrendamiento que se produzcan a partir del 1 de junio de 2013.

TABLA 3. NÚMERO DE EDIFICIOS CERTIFICADOS

CCAA	Nº Certificados de Ed. Nuevos acabados	%Certificados de Ed. Nuevos acabados	Nº Certificados de Ed. Existentes	%Certificados de Ed. Existentes
ANDALUCIA	1470	6,33%	191834	12,82%
ARAGÓN	59	25,00%	18516	1,24%
ASTURIAS	73	31,00%	13741	0,92%
BALEARES	171	74,00%	35448	2,38%
CANARIAS	192	83,00%	16455	1,10%
CATALUÑA	2312	996,00%	408743	27,39%
C LEÓN	300	129,00%	53856	3,61%
C MANCHA	41	18,00%	33099	2,22%
EXTREMADURA	4212	1815,00%	7986	0,54%
GALICIA	672	290,00%	49350	3,31%
MURCIA	375	162,00%	39325	2,63%
NAVARRA	886	382,00%	20597	1,38%
PAIS VASCO	5454	2350,00%	107773	7,22%
RIOJA	75	32,00%	11261	0,75%
VALENCIA	6543	2819,00%	227930	15,27%
MADRID	364	157,00%	247189	16,56%
CANTABRIA	12	5,00%	9764	0,65%
TOTALES	23211	100,00%	1492867	100,00%

Adaptación IDAE, 2015, p.2

En la tabla adjunta anteriormente, Tabla 3, se muestra el número de edificios certificados y registrados por cada una de las comunidades autónomas españolas, teniendo en cuenta, tanto nuevos edificios como ya existentes a fecha de 30 de junio de 2015 (IDAE, 2015). De los datos mostrados, cabe destacar que Cataluña es la Comunidad Autónoma que mayor porcentaje presenta de edificios certificados ya existentes a diferencia de Extremadura. Sin embargo, en cuanto al porcentaje de certificaciones de nuevos edificios destaca Extremadura, situada en última posición como se ha expuesto anteriormente, con respecto a los edificios ya existentes.

2.7.1 Datos de Certificados de Edificios de Nueva Construcción

En estos momentos, las calificaciones de **edificios nuevos** presentan una tendencia a la mejora, especialmente la calificación B, ya que aumenta en torno a un 7% el número de viviendas con esta calificación. Por otro lado, disminuye levemente el número de edificios con calificación D y de una manera mucho más notable el número de viviendas con una calificación E (IDAE, 2015).

Esta mejora puede estar generada gracias a la figura del Código Técnico de la Edificación y fruto de los esfuerzos informativos y formativos al respecto. Los datos relativos a los registros de las Calificaciones energéticas teniendo en cuenta las emisiones de CO₂ en los edificios de nueva construcción se muestran a continuación, en la Tabla 4, donde el mayor número de edificios poseen de una certificación energética E, un total de 7357 edificios para ser exactos, suponiendo valores del 31% del total de certificados en el año. Por otro lado, la calificación B y C, presentan un aumento de un 16% y 15% respectivamente, suponiendo unos porcentajes relativamente bajos e insuficientes. Por lo que se sigue necesitando una mejora en este sentido.

TABLA 4. CALIFICACIONES DE LOS EDIFICIOS NUEVOS CERTIFICADOS POR CCAA

EMISIONES								
CCAA	A	B	C	D	E	F	G	TOTALES
ANDALUCÍA	61	162	332	615	272	13	15	1470
ARAGÓN	3	4	24	21	7	0	0	59
ASTURIAS	2	7	22	12	29	1	0	73
BALEARES	3	5	31	47	85	0	0	171
CANARIAS	7	15	12	18	35	11	94	192
CATALUÑA	240	375	520	708	469	0	0	2312
C LEÓN	79	58	79	57	26	1	0	300
C MANCHA	6	6	12	14	3	0	0	41
EXTREMADURA	46	177	413	868	2708	0	0	4212
GALICIA	136	89	118	174	150	5	0	672
MURCIA	2	3	8	40	322	0	0	375
NAVARRA	196	218	212	172	84	1	3	886
PAIS VASCO	726	2392	1400	810	119	5	2	5454
RIOJA	5	17	19	18	15	0	1	75
VALENCIA	200	114	155	3063	3010	1	0	6543
MADRID	21	72	180	73	18	0	0	364
CANTABRIA	1	0	1	1	5	3	2	13
TOTALES	1734	3714	3538	6711	7357	41	117	23212

Adaptación, IDAE 2015, p.4

2.7.2 Datos de certificados de Edificios Existentes

La presente actualización con respecto al concepto de la certificación energética ha supuesto un incremento de más de 300.000 edificios certificados. En este caso para **edificios ya existentes**, sólo cabe mencionar una pequeña disminución del porcentaje de edificios con calificaciones G, en cuanto a las viviendas con calificación energética E, esto representa una tendencia de mejora, como respuesta a los esfuerzos y concienciación cada vez mayor de los ciudadanos, así como la aparición de nuevas políticas de rehabilitación energética de los edificios (IDAE, 2015).

Los datos relativos a los registros de las Calificaciones energéticas teniendo en cuenta las emisiones de CO₂ en los edificios ya existentes se muestran a continuación, Tabla 5; siendo al igual que en el caso de los edificios de nueva construcción los edificios con certificación E los de mayor número.

TABLA 5. CALIFICACIONES DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES CERTIFICADOS POR CCAA

EMISIONES								
CCAA	A	B	C	D	E	F	G	TOTALES
ANDALUCÍA	261	1076	5277	15032	89176	27513	53049	191384
ARAGÓN	34	86	738	2485	9585	2146	3442	18516
ASTURIAS	63	103	589	2121	5808	1581	3476	13741
BALEARES	66	195	842	2373	12054	4581	15337	35448
CANARIAS	80	212	523	479	1231	1273	12657	16455
CATALUÑA	765	2763	17005	48958	184212	55667	99373	408743
C LEÓN	467	408	3214	10572	26531	5018	7646	53856
C MANCHA	57	107	953	5173	16233	3714	6862	33099
EXTREMADURA	5	22	212	927	4178	1149	1493	7986
GALICIA	183	379	2594	7340	20017	6883	11954	49350
MURCIA	8	45	556	2043	17981	6250	12442	39325
NAVARRA	55	149	1584	5218	8755	2198	2638	20597
PAIS VASCO	573	1083	2500	16470	48380	14676	24091	107773
RIOJA	56	56	497	2227	6729	842	854	11261
VALENCIA	132	1453	4083	14323	106486	34691	66762	227930
MADRID	319	1409	9181	37835	130609	27014	40822	247189
CANTABRIA	23	34	407	1897	4946	1091	1366	9764
TOTALES	3147	9580	50755	175473	692911	196287	364264	1492417

Adaptación IDAE, 2015, p.6

Por otro lado, los datos relativos a los registros de las Calificaciones energéticas teniendo en cuenta el consumo generado en los edificios ya existentes se muestran a continuación, mediante la Tabla 6. En cuanto al consumo energético en edificios existentes predominan los edificios con calificación energética E, con un total de 693.802 edificios, suponiendo un porcentaje del 52% (Figura 10).

TABLA 6. CALIFICACIONES EN CONSUMO DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES CERTIFICADOS POR CCAA

CONSUMO								
CCAA	A	B	C	D	E	F	G	TOTALES
ANDALUCÍA	153	925	4660	12592	77180	18627	41499	155636
ARAGÓN	6	62	623	2102	10121	1936	3666	18516
ASTURIAS	12	87	499	1762	6674	1307	3400	13741
BALEARES	0	0	0	0	0	0	0	0
CANARIAS	0	0	0	0	0	0	0	0
CATALUÑA	406	2594	15834	44968	8201	42011	94729	208743
C LEÓN	54	268	2535	9280	29973	4974	6771	53855
C MANCHA	9	83	796	4560	18305	3445	5879	33077
EXTREMADURA	0	0	0	0	0	0	0	0
GALICIA	54	331	2473	7465	23251	4955	10821	49350
MURCIA	0	0	0	0	0	0	0	0
NAVARRA	7	90	1136	4452	10285	1935	2692	20597
PAIS VASCO	464	404	2343	12936	54439	11305	25882	107773
RIOJA	6	38	391	1801	7138	989	898	11261
VALENCIA	69	1511	4284	15644	116297	27135	62934	227874
MADRID	191	1083	7682	32671	126362	23366	41198	232553
CANTABRIA	4	32	326	1457	5576	875	1494	9764
TOTALES	1435	7508	43582	151690	693802	142860	301863	1342740

Adaptación IDAE, 2015, p.8

**FIGURA 10. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES EN CONSUMO (IDAE, 2015, p.9)**

2.8 Situación de las viviendas en Madrid

En cuanto a las viviendas en Madrid, existe el Real Decreto 19/2006, de 9 de febrero, del Consejo de Gobierno, por el que se regula el proceso de adjudicación de viviendas del Instituto de la Vivienda de Madrid (Portal Vivienda, 2009).

Durante los últimos años se han determinado aquellos aspectos del Real Decreto 19/2006 que han de ser revisados y puestos al día con el objetivo de mejorar la eficacia de la política social de vivienda en la Comunidad de Madrid (Portal Vivienda, 2009). Con el principal objetivo de lograr un sistema de adjudicaciones que dificulte el fraude, centrándose en la problemática social de los adjudicatarios, mediante el establecimiento de unos estándares económicos adecuados a la situación.

“El objeto del presente Decreto es establecer las normas reguladoras del procedimiento de adjudicación de viviendas cuyos derechos de propiedad, o cualesquiera otros, correspondan al Instituto de la Vivienda de Madrid” (Portal Vivienda, 2009).

Las viviendas objeto del presente Real Decreto, se adjudicarán atendiendo a alguno de los siguientes regímenes:

- Régimen de arrendamiento.
- Régimen de arrendamiento con opción de compra.
- Régimen de compraventa.

Las viviendas objeto del presente Decreto podrán ser cedidas o adjudicadas tanto a Administraciones Públicas como a otras personas jurídicas sin ánimo de lucro; siendo destinadas estas a la residencia de personas físicas. Para la cesión o adjudicación se considerará el régimen de uso más adecuado a los fines de interés público o social.

“Se admitirán adjudicaciones en arrendamiento, arrendamiento con opción de compra, compraventa, cesión de uso, usufructo, precario o cualesquiera otras formas admitidas en derecho; ya a título gratuito, ya oneroso” (Portal Vivienda, 2009).

Según el IDAE, en el año 2011 se ha consumido de energía final en España un total de 86 Ktep. El consumo energético queda distribuido entre los sectores de actividad económica y los hogares, siendo los porcentajes de reparto de, en la Industria de un 24,52%, Agricultura y Pesca 2.40%, Transporte 41,47%, Residencial 18.86%, Comercio 11.09% y otros sectores de un 1.7% (Iglesias, P. A., 2014). En cuanto a la procedencia de la energía primaria consumida en España, la Figura 11, adjuntada a continuación muestra que el 44,9% en el 2011 procedió del Petróleo, seguido de un 22,3% de Gas Natural.

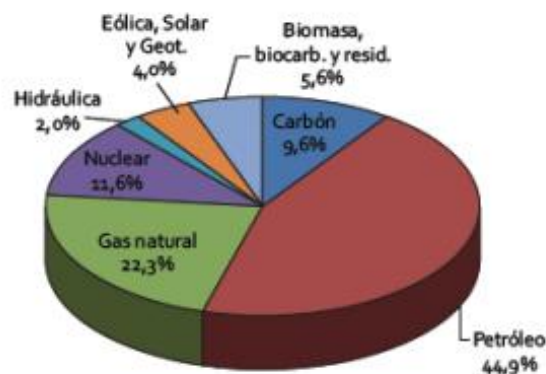


FIGURA 11. PROCEDENCIA DE LA ENERGÍA PRIMARIA CONSUMIDA EN ESPAÑA 2011 (MINETUR, 2011, p.6)

En el caso de España, desde el punto de vista de la energía, se puede decir que tiene una gran dependencia del exterior. Como muestra la Figura 12, el consumo de energía primaria en España en 2011 fue de 129.339 Ktep, suponiendo un descenso del 0,6% sobre el de 2010. Esta demanda se obtiene como resultado de sumar al consumo de energía final, los consumos en los sectores energéticos (consumos propios y consumos en transformación, especialmente en generación eléctrica y refinerías de petróleo) y las pérdidas." (MINETUR, 2012)

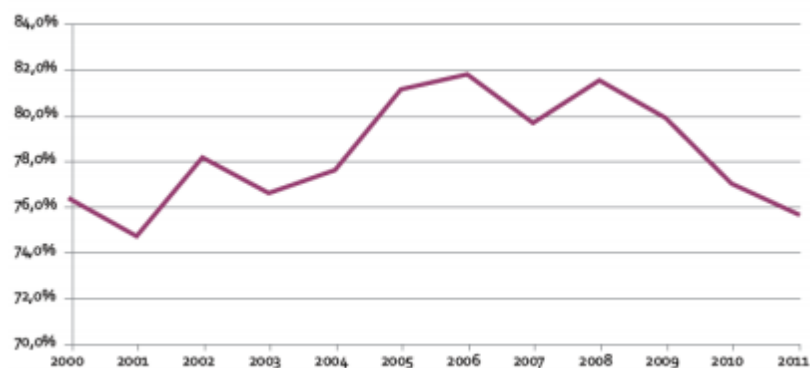


FIGURA 12. EVOLUCIÓN DE LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA DE ESPAÑA (MINETUR, 2012, p.43)

3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

El objetivo general del presente TFM, es realizar una auditoría a un bloque de viviendas situado en la Comunidad Autónoma de Madrid, España. Proponiendo tras la realización de esta auditoría energética, mediante una de las herramientas específicas para ello, propuestas de mejora de eficiencia energética; en el caso de que sean necesarias; mejorando así la calificación energética del edificio caso de estudio.

3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos a llevar a cabo para la consecución del objetivo principal del presente proyecto se describen a continuación:

- Caracterizar y evaluar los diferentes componentes y elementos que conforman el edificio objeto de estudio. Atendiendo a los diferentes materiales constructivos de los que está formada la envolvente, los sistemas de calefacción, refrigeración etc., empleados.
- Calificar la vivienda objeto de estudio basándonos en los softwares de certificación oficiales permitidos por el MINETUR, obteniendo una clase energética de eficiencia, que varía desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.
- Una vez obtenida la calificación energética del edificio, proponer una serie de propuestas de mejora de eficiencia energética. Analizar técnica y económicamente las propuestas de mejora, para evaluar la rentabilidad de la aplicación de estas.
- Aplicar una medida de eficiencia energética basada en la instalación solar térmica para ACS. Analizar de forma técnica y económica esta, de igual modo que las propuestas anteriores.
- Realizar en último lugar, un análisis comparativo tanto económico como técnico de todas las alternativas de eficiencia energética seleccionadas.

3.3 Hipótesis

Un bloque de viviendas, al realizar una auditoría energética e implantar posteriormente una serie de mejoras de eficiencia energética, podrá mejorar su calificación energética; consumiendo de manera correcta la energía primaria, reduciendo así la generación de Gases de Efecto Invernadero como el CO₂. Siendo en todo momento rentable económicamente la aplicación de estas; aumentando por otro lado la satisfacción de las partes interesadas y cumpliendo en todo momento con la legislación de eficiencia energética en la edificación.

4 DESARROLLO

4.1 Consumo Energético a nivel residencial

Cabe destacar la importancia de la vivienda con respecto al consumo energético español. El sector clave en el contexto energético en estos momentos, es el sector residencial tanto a nivel nacional como comunitario, suponiendo el 17% del consumo final total y el 25% de la demanda de energía eléctrica (Proyecto SECH-SPAHOUSEC, 2011).

El consumo energético a nivel mundial está estrechamente relacionado con el crecimiento poblacional. La población ha ido aumentando de manera constante, a lo largo de los años. En 1650 se produce la primera explosión urbana (con alrededor de 520 millones de personas a nivel mundial). Produciéndose hasta la actualidad un crecimiento de la población de manera exponencial, llegando en el 2013 a alcanzar la cifra de 7.200 millones de personas en el mundo. (Comunidad de Madrid, 2010).

El aumento de la significancia de los impactos derivados de la satisfacción de las necesidades energéticas en términos de dependencia energética, impacto ambiental y seguridad de suministro a nivel residencial, han obligado a desarrollar una planificación energética correcta basada en tres grandes pilares, la Planificación de Ahorro y Eficiencia Energética, la Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas y por último, basada en los Planes de las Energías Renovables (Proyecto SECH-SPAHOUSEC, 2011). El consumo energético y las emisiones asociadas a los edificios residenciales están influenciados directamente por factores como la envolvente térmica, las fuentes energéticas utilizadas, la eficiencia energética de los equipos y el comportamiento de los usuarios (Iglesias, P. A., 2014). Siendo aproximadamente el consumo total energético en los hogares españoles, según IDAE de 14676 ktep (Tabla7).

TABLA 7.CONSUMO ENERGETICO EN LOS HOGARES ESPAÑOLES

Consumo Total	14.676 ktep
Consumo Total Medio por hogar	0,852 tep
Consumo de Electricidad Medio por Hogar	3.487 kWh
% Consumo Final	17%
% Consumo de Electricidad	25%

Adaptación de IDAE, s.f., p.1

4.2 Ahorro Energético en edificación

El 5 de Abril de 2006, de acuerdo a la directiva 2006/32/CE se estableció el Plan de acción 2011-2020 constituyendo el segundo plan nacional de acción de ahorro y eficiencia energética. Este trata sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Este plan de acción ha sido aprobado el 29 de julio de 2011, dando continuidad a los planes de ahorro y eficiencia energética anteriormente aprobados por el gobierno español (IDAE, 2011).

Este Plan asume otro tipo de planificaciones y estrategias en materia de I+D+i, infraestructuras o política industrial, como requisitos necesarios para alcanzar los objetivos de ahorro energéticos establecidos para el año 2020. La demanda energética ha experimentado un crecimiento exponencial a lo largo de las últimas décadas, durante las cuales han tenido lugar diferentes crisis económicas energéticas a nivel mundial, creando un impacto negativo en la actividad económica y demanda energética generada en los países más desarrollados.

El Sector Edificación y Equipamiento comprenden los servicios que tienen un mayor consumo energético de los edificios (IDAE, 2011). Se tiene en cuenta las instalaciones térmicas de calefacción, ventilación, refrigeración, instalaciones de iluminación interior e instalaciones de producción de agua caliente sanitaria, así como el resto de equipamiento como electrodomésticos, ofimática, etc.

El consumo de energía final del Sector Edificación y Equipamiento ascendió, en el año 2010, a 24.391 ktep, sobre un consumo total nacional para usos energéticos de 93.423 ktep, lo que representa el 26,1% del consumo de energía final nacional para usos energéticos. (IDAE, 2011) (Figura 13).

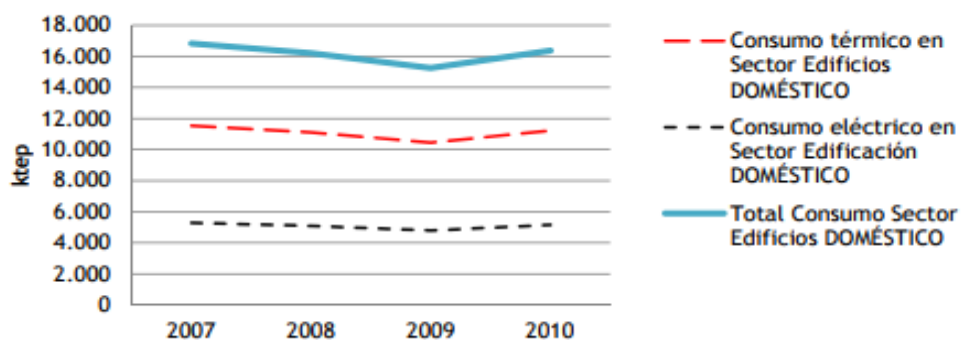


FIGURA 13. EVOLUCIÓN DE CONSUMOS SECTOR EDIFICIOS DOMÉSTICO (IDAE, 2011, p.203)

A continuación se definen una serie de mejoras a aplicar en las edificaciones con el objetivo final de ahorrar en el consumo de energía.

Medida 1: Rehabilitación energética de la envolvente térmica

El objetivo de esta medida es reducir la demanda energética de calefacción y refrigeración de los edificios, rehabilitando la envolvente térmica en alguno de los elementos constructivos que la conforman (IDAE, 2011).

Esta medida pretende fomentar la rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes de forma que cumplan y mejoren las exigencias mínimas que fija el Código Técnico de la Edificación reduciendo el consumo de energía en calefacción y refrigeración.(IDAE, 2011).

Medida 2: Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas

El objetivo en este caso es reducir el consumo de energía generado en las instalaciones térmicas de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria de los edificios existentes.

Se busca mejorar la eficiencia energética de dichas instalaciones térmicas, para que de esta forma, cumplan con las exigencias mínimas y básicas fijadas por las diferentes normativa vigentes en torno a la eficiencia energética, consiguiendo de este modo una reducción del consumo de energía (IDAE, 2011).

Medida 3: Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior

Es necesario reducir el consumo de energía generado a través de las instalaciones de iluminación interior de los edificios (IDAE, 2011). Esta medida por lo tanto está encaminada a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior existentes de forma que cumplan, con las exigencias mínimas que fija el CTE. Por ejemplo instalando luminarias de mayor rendimiento y mayor eficiencia.

Medida 4: Construcción de nuevos edificios y rehabilitación integral de edificios ya existentes (calificación energética)

Se pretende reducir el consumo de energía promocionando edificaciones nuevas y rehabilitando las ya existentes, ambas con la obligatoriedad de disponer de una buena calificación energética (IDAE, 2011).

Medida 5: Construcción o rehabilitación de edificios con un consumo de energía casi nulo

La medida número 5 consiste fundamentalmente en construir nuevos edificios o rehabilitación de los existentes para conseguir un consumo energético casi nulo (IDAE, 2011). A través de incentivos económicos, donde el mecanismo podrá basarse en una línea de ayuda dirigida a apoyar estas edificaciones con consumo de energía casi nulo.

Medida 6: Mejora de la eficiencia energética del parque de electrodomésticos

Los electrodomésticos presentes en las viviendas suponen una parte importante del consumo energético de la edificación, por lo que se busca mejorar la eficiencia energética del parque de electrodomésticos. Estos normalmente suelen contar con una etiqueta energética, donde se indica de qué forma consumen la energía (IDAE, 2011).

Los ahorros generados por cada una de estas medidas se muestran en la Tabla 8, diferenciándose entre ahorros de energía final, ahorros de energía primaria, emisiones de CO₂ etc. En el caso de las emisiones de CO₂, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la eficiencia energética, tras la aplicación de las medidas en la edificación y el equipamiento se generaran unos ahorros aproximados en el 2020 de 12120 de ktCO₂.

TABLA 8. RESUMEN DEL AHORRO GENERADO POR CADA MEDIDA EN EL SECTOR EDIFICACIÓN (Plan de acción 2011-2020)

		Ahorro de energía final (ktep)		Ahorro de energía primaria (ktep)		Emisiones de CO2 (ktCO2)		Apoyos gestión pública (10 ⁶ €)			Inversiones (apoyo + aportación privada) (10 ⁶ €)		
		2016	2020	2016	2020	2016	2020	2011-2016	2017-2020	2011-2020	2011-2016	2017-2020	2011-2020
EDIFICACIÓN Y EQUIPAMIENTO		2.674	2.867	5.096	5.567	11.116	12.120	1.730	1.153	2.883	16.393	10.929	27.322
Rehabilitación energética de la envolvente térmica		775	775	1.319	1.329	2.921	2.943	665,7	443,8	1.109,50	3.356,40	2.237,60	5.594
Mejora de la eficiencia energética de instalaciones térmicas		908	908	1.546	1.558	3.424	3.449	169,8	113,2	283	4.354,80	2.903,20	7.258
Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de iluminación		674	842	1.588	1.986	3.400	4.251	115,2	76,8	192	5.257,80	3.502,20	8.763,00
Edificios con calificación energética		224	247	425	473	901	1.002	472,8	312,2	788	2.920,80	1.947,20	4.868
Consumo energético casi nulo		0,4	0,8	0,8	1,5	1,6	3,2	3	2	5	11,4	7,6	19
Mayor eficiencia de los electrodomésticos		92	92	216	216	463	463	300	200	500	480	320	800

Adaptación IDAE, 2011, p.245

4.3 Descripción del edificio

4.3.1 Ubicación

El edificio objeto de estudio, es un bloque de viviendas de tres pisos, compuesto por un total de tres viviendas, una por planta. La edificación está situada en Madrid, más concretamente en el distrito de Vicálvaro, zona climática D3, dato relevante a tener en cuenta a la hora de evaluar el comportamiento energético del edificio.

El bloque de viviendas se encuentra en la parcela de suelo urbano, situada en la Calle Villablanca número 19, 28032 Madrid (Madrid), la parcela en la que se sitúa el edificio cuenta con una superficie de 3.561 m². Las referencias catastrales de las tres viviendas que forman parte del bloque residencial son 8634521VK4783D0033GM (primera planta), 8634521VK4783D0035JW (segunda planta) y 8634521VK4783D0038BT (tercera planta) (Anexo I).

La edificación objeto de estudio se realizó en el año 1995, por lo que debe cumplir con lo que dicta el Real Decreto 1630/1992 vigente en el momento de la construcción. Referente a los datos de latitud y altitud, se encuentra a 620 metros sobre el nivel del mar, con unas coordenadas de 40°24'0" N y 3°36'0" W.



FIGURA 14. LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN OBJETO DE ESTUDIO
(GOOGLE MAPS, 2018)

4.3.2 Superficies y volúmenes

Edificio en bloque de 3 plantas, con un volumen total de 600,00 m³ y un volumen de suelo habitable de 291,00 m². Tipología tipo A, 3 viviendas cada una de ellas con una superficie útil de 97,00 m² y equipadas con 1 dormitorio doble (>8m²), 2 dormitorios (>6m²) y 1 sala de estar-comedor (>16m²); en cuanto a los espacios húmedos cada vivienda cuenta con 2 cuarto de baño, uno de ellos es únicamente un aseo por lo que no está equipado con bañera o ducha y una cocina de aproximadamente de unos 10,00 m². Por todo ello, la clase higrométrica es 3 (55% de humedad) (Anexo II & III).

Las características y dimensiones de las tres viviendas objeto de estudio son exactamente iguales, por lo que a través del Software CERMA aportado por el MINETUR, se ha analizado el comportamiento energético del bloque de viviendas, obteniendo de este modo la calificación energética y las posibles medidas de mejoras de eficiencia energética a aplicar en la edificación. Los diferentes tipos de cerramientos presentes y analizados en cada una de las tres viviendas son:

- Muro exterior, se define como la pared exterior cuyas caras están expuestas a las diversas condiciones climatológicas. En este caso, los materiales que conforman el muro exterior se muestran en la siguiente Tabla 9.

TABLA 9. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL MURO EXTERIOR

MURO EXTERIOR	
$h_e = 25,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ 1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm (0,115 m) Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000 (0,015 m) MW Lana mineral [0.04 W/[mK]] (0,040 m) Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] (0,070 m) Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 (0,015 m) $h_i = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U = 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ Peso= 365 kg/m ²	

Adaptación del Software CERMA

- Medianera, son las estructuras verticales interiores con función estructural necesarias para limitar diferentes espacios arquitectónicos. En este caso, los materiales que conforman el muro interior se muestran en la siguiente Tabla 10.

TABLA 10. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA MEDIANERA

MEDIANERA	
$h_e = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,020 m) 1 pie LP métrico o catalán $40 \text{ mm} < G < 60 \text{ mm}$ (0,240 m) 1/2 pie LP métrico o catalán $80 \text{ mm} < G < 100 \text{ mm}$ (0,115 m) Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,010 m) $h_i = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U = 1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ Peso= 396 kg/m ²	

Adaptación del Software CERMA

- Tabiques interiores, muros no estructurales que separan y/o sub-dividen recintos, siendo generalmente un elemento fijo y opaco, colocados en zonas donde no generen una sobrecarga. Los valores del tabique interior en este caso son (Tabla 11):

TABLA 11. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL TABIQUE INTERIOR

TABIQUE INTERIOR	
Enlucido de yeso $1000 \text{ kg/m}^3 < \text{densidad (d)} < 1300 \text{ kg/m}^3$ (0,020) Ladrillo tabicón de LH doble $60 \text{ mm} < e < 90 \text{ mm}$ (0,080 m) EPS Poliestireno expandido $[0.046 \text{ W/[mK]}]$ (0,020m) Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,010m)	
$U = 1,19 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Adaptación del Software CERMA

- Cubierta exterior horizontal, también denominada cubierta exterior plana a aquella cubierta sensiblemente horizontal, cuya pendiente es inferior al 5%. Estas cubiertas planas permiten el tránsito libre de personas por la superficie así como la instalación de diferente maquinaria. En este caso, los materiales que conforman la cubierta exterior se muestran en la siguiente Tabla 12.

TABLA 12. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA CUBIERTA EXTERIOR

CUBIERTA EXTERIOR	
$h_e = 25,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ Teja de arcilla cocida (0,020 m) MW Lana mineral [0.04 W/[mK]] (0,060 m) Betún fieltro o lámina (0,001 m) FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -Canto 250 mm (0,250 m) Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ (0,015 m) $h_i = 10,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ Peso= 248 kg/m ²	

Adaptación del Software CERMA

- Forjado interior, estructuras horizontales interiores con función estructural necesarias para limitar diferentes espacios arquitectónicos. En este caso, los materiales que conforman el forjado interior horizontal se muestran en la siguiente Tabla 13.

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL FORJADO INTERIOR HORIZONTAL

FORJADO INTERIOR HORIZONTAL	
$h_e = 25,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ Acero (0,002m) MW Lana mineral [0.031 W/[mK]] (0,060m) Acero (0,002m) $h_i = 10,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ Peso= 34 kg/m ²	

Adaptación del Software CERMA

- Solera en contacto con el terreno, partición horizontal que se encuentra en contacto directo con el terreno. En este caso, los materiales que conforman esta partición horizontal se muestran en la siguiente Tabla 14.

TABLA 14. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA SOLERA

SOLERA	
$h_e = 5,88 \text{ W/m}^2\text{K}$ Azulejo cerámico (0,020 m) EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]] (0,050 m) Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$ (0,020 m) Hormigón armado $2300 < d < 2500$ (0,020 m) Tierra apisonada adobe bloques de tierra comprimida [$1770 < d < 2000$] (0,150 m) Terreno	
$U = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ Peso = 24 kg/m²	

Adaptación del Software CERMA

- Huecos, en este caso los huecos son las diferentes ventanas de la edificación, se diferencian dos grupos diferentes de vidrios; aquellos de la fachada orientada al Norte como al Sur y por otro lado el grupo 2, compuesto por las ventanas de la fachada Este. En este caso, los materiales que conforman cada uno de los dos grupos de ventanas se muestran a continuación.

Ventanas

→ Grupo 1, en el grupo 1 se encuentran las ventanas de las fachadas orientadas tanto al Norte como al Sur. En la fachada norte por vivienda hay dos ventanas, por lo que en total en dicha fachada encontramos un total de 6 ventanas. En la fachada Sur, por vivienda hay 3 ventanas por lo que el total de ventanas en la fachada Sur es de 9. Las características generales de este tipo de huecos se muestra a continuación (Tabla 15).

TABLA 15. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS VENTANAS GRUPO 1

VENTANAS GRUPO 1	
Vidrio doble 4-6-4	U= 3,30 W/m ² K
PVC doble cámara	U marco= 2,20 W/m ² K
Toldo caso A opacos 45°	
Caja de persiana	
U= 3,19 W/m²K	
Factor Solar Hueco 0,68	

Adaptación del Software CERMA

→ Grupo 2, en el grupo 2 se encuentran únicamente las ventanas de la fachada Este, lo conforman un total de 3 ventanas; una por vivienda. En la Tabla 16, se muestran las características del grupo 2 de ventanas.

TABLA 16. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS VENTANAS GRUPO 2

VENTANAS GRUPO 2	
Vidrio monolíticos 661a	U= 5,40 W/m ² K
PVC doble cámara	U marco= 2,20 W/m ² K
Sin elementos fijos	
Sin caja de persiana	
U= 5,08 W/m²K	
Factor Solar Hueco 0,77	

Adaptación del Software CERMA

- Puentes térmicos, el CTE define puente térmico como “aquella zona de la envolvente térmica del edificio donde se produce una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento”. En este caso, los puentes térmicos de la edificación se muestran a continuación (Figura 15).

Longitud de los puentes térmicos (m lineales)				Esq salientes - entrantes		Ventanas	Suelo terreno	Pilares (no en esquinas)						
☒ Estimados				Forjados	Cubiertas	Suelo ext.			N	O	SO	S	SE	E
☐ Facilitados				0	0	0	0	102	68	0	0	0	0	0

Encuentros horizontales fachada			Puentes verticales fachada	Lider Ventana	Lider Terreno	Lider Pilar
Forjados	Cubierta	Suelo exterior	Esquina saliente			
 $\Psi_f = 0,41 \text{ W/mK}$ $f = 0,76$	 $\Psi_c = 0,46 \text{ W/mK}$ $f = 0,74$	 $\Psi_{se} = 0,43 \text{ W/mK}$ $f = 0,74$	 $\sum \Psi_{se-e} = 0 \text{ W/mK}$ $\Psi = 0,16 \text{ W/mK}$ $f = 0,81$	 $\Psi_v = 0,27 \text{ W/mK}$ $f = 0,64$	 $\Psi_t = 0,13 \text{ W/mK}$ $f = 0,75$	 $\Psi_p = 0,77 \text{ W/mK}$ $f = 0,64$

El valor f (fRsi) es el factor de temperatura de la superficie interior (adimensional) $f = (T_{pi} - T_e) / (20 - T_e) = 1 - 0,25 U$

El valor de la pérdida lineal de un puente térmico (Ψ W/mK) es el flujo de calor por unidad de longitud de puente térmico y diferencia de temperatura (interior/exterior), a sumar a la pérdida de calor, calculada como si la superficie ocupada por el puente térmico fuera de muro en el que se encuentra (sin existencia de heterogeneidades)

T_{pi} - Temp. interior superficial mas baja
 T_e - Temp. exterior media mes enero
 U = Coef. transf. calor puente térmico

FIGURA 15. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS PUENTES TÉRMICOS (CERMA)

- Equipos, servicios de ACS y calefacción, con una caldera convencional de gas natural sin acumulación con una potencia calorífica de 121 kW y un rendimiento del 90%; la temperatura de impulsión para ACS y calefacción es de 60°C.

4.4 Análisis técnico CERMA

La Certificación Energética de los Edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE y la Directiva 2010/31/UE. A través del Real Decreto 235/2013 de 5 de abril, se aprueba el procedimiento básico a seguir para llevar a cabo la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto existentes como de nueva construcción. Este procedimiento será desarrollado por el órgano competente en esta materia de la Comunidad Autónoma correspondiente, encargado también del registro de las certificaciones en su ámbito territorial, el control externo y las inspecciones.

“En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio estudiado una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes” (RD 235/2013)

La aplicación informática **CERMA** (Calificación Energética Residencial Método Abreviado). Como ya se ha indicado en el apartado anterior 2.5, solo es de aplicación a edificios residenciales de nueva construcción y ya existentes. CERMA genera una serie de opciones de mejora a aplicar en la edificación. Por ello, es la aplicación informática seleccionada para evaluar el edificio objeto de estudio del presente proyecto.

Para obtener la calificación energética de una edificación se utilizan una serie de indicadores que permiten explicar un mal o buen comportamiento energético del edificio, proporcionando de este modo información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer mejoras de eficiencia energética (IDAE, 2015).

Los indicadores principales utilizados en la calificación de eficiencia energética de los edificios son:

- Las emisiones anuales de CO₂.
- El consumo anual de energía primaria no renovable.

4.4.1 Calificación energética del edificio CERMA

Una vez analizadas las características constructivas de la edificación a través del Software CERMA, se obtiene la calificación energética de esta, a través del mismo programa informático. En este caso cada una de las tres viviendas que conforman el edificio objeto de estudio posee una calificación energética **C** con respecto a las emisiones totales de CO₂ (kg/m²) y la energía primaria no renovable (kWh/m²), estos datos se muestran en la Figura 16. (Anexo IV).



FIGURA 16. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA EDIFICACIÓN (CERMA)

4.4.2 Cumplimiento Código Técnico de la Edificación

CERMA, permite comprobar si la vivienda, en este caso el bloque de viviendas, cumple con lo que dicta el CTE-DB-HE, la aplicación emite unos valores máximos de cerramientos y particiones interiores atendiendo a la envolvente térmica de la vivienda comparándolo con las exigencias del CTE-HE1 encontrando de este modo opciones para la mejorar la eficiencia energética.

HE0

HE1

HE2

HE3

HE4

HE5

Cumplimiento

Valores Máximos

Condensaciones

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos

CERRAMIENTO. Valores de transmitancia termica (segun CTE)	Umax,proy	Ulimite	CUMPLIMIENTO
Muros de fachada	---	0,60	Cumple
1 m. de suelos apoyados sobre el terreno	---	0,60	Cumple
1 m. de muros en contacto con el terreno	---	0,60	Cumple
Particiones interiores Hz. o Vert. (distinto uso)	---	0,85	Cumple
Suelos con el exterior	---	0,40	Cumple
Cubiertas con el exterior	---	0,40	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5,35	2,70	No cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1,20	Cumple
Particiones interiores Vert.(mismo uso)	---	1,20	Cumple
Permeabilidad Huecos	50,00	27,00	No cumple

No Cumple U valores máximos

FIGURA 17. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CTE-HE1 (CERMA)

En este caso, al tratarse de una edificación construida en 1995, por lo tanto, sujeta a la anterior normativa, está exenta del cumplimiento de los requisitos del CTE, incluido el de suplir parte de la demanda a través de energías renovables. Sin embargo, durante el desarrollo del presente trabajo se va a evaluar la viabilidad técnica y económica de la implantación de una instalación solar térmica que permita suplir parte de la demanda de ACS del edificio objeto de estudio. Permitiendo de este modo mejorar la calificación energética y el modo en el que se consume la energía en el edificio y cumplir con lo que dicta el CTE.

4.4.3 Medidas de mejora de eficiencia energética CERMA

Las medidas alternativas energéticas básicas parten del resultado de la certificación energética obtenida en la edificación objeto de estudio. Los elementos analizados en una certificación de eficiencia energética, son los siguientes:

- Calificación energética global de emisiones de dióxido de carbono.
- Calificación energética de los edificios, teniendo en cuenta indicadores como; el indicador parcial de calefacción, indicador parcial de A.C.S., indicador parcial de refrigeración y el indicador parcial de iluminación.
- Clasificación parcial de la demanda de calefacción y refrigeración.
- Calificación parcial del consumo de energía primaria, utilizando los indicadores de calefacción, indicador parcial de A.C.S., indicador parcial de refrigeración y los indicadores parciales de iluminación.

En una auditoría energética el conocimiento de la tendencia del mercado energético en el momento de realizar esta, es muy importante. Este conocimiento del profesional energético, permite obtener una previsión de la tendencia atendiendo al precio y consumo de la energía según su naturaleza. Estableciendo de este modo, un equilibrio económico en las medidas de eficiencia energéticas aportadas. El auditor por otro lado, debe garantizar que estas medidas son válidas, tanto desde el punto de vista técnico como económico, abogando por una buena praxis que vaya en beneficio de la propia edificación e usuario del edificio.

De entre todas las medidas alternativas de eficiencia energética obtenidas a través de CERMA, las de aplicación en la edificación objeto de estudio en este caso se describen a continuación:

- Instalar en las ventanas PVC de 3 cámaras, en vez del PVC de dos cámaras instalado y vidrio doble bajo emisivo <0.03 ; se incorpora doble vidrio en cada una de las ventanas
- Aumentar el grosor del aislamiento en muros, suelo y cubierta.
- Instalar una caldera de Biomasa.

Medidas alternativas de eficiencia energética

- **Medida 1:** Instalar en las ventanas PVC de 3 cámaras, en vez del PVC de dos cámaras instalado y vidrio doble bajo emisivo <0.03 ; se incorpora doble vidrio en cada una de las ventanas.

“Las cámaras en los perfiles de PVC son cada uno de los huecos de aire separados por paredes de PVC que existen en el interior de los perfiles, contados en una línea que atraviesa el perfil de dentro a fuera” (OnVentanas, 2014).

Las cámaras de aire permiten que la temperatura exterior, por ejemplo próxima a los 0°C alcance una temperatura muy próxima a la temperatura interior de la vivienda, a medida que el aire circula por estas cámaras. Por lo tanto, el PVC de tres cámaras aumenta el aislamiento de la ventana en la que se instale.

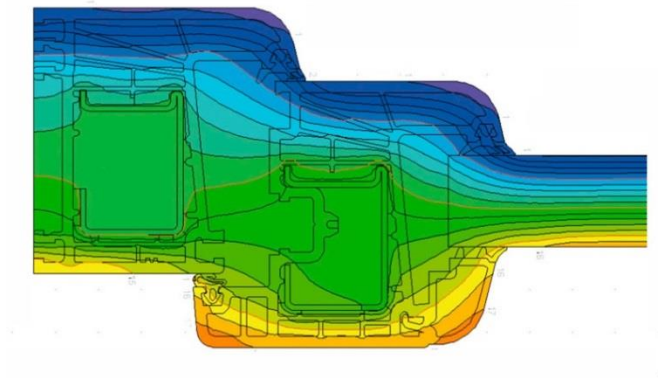


FIGURA 18. VARIACIÓN DE TEMPERATURA A TRAVÉS DE PVC TRES CÁMARAS
(OnVentanas, 2014, p.1)

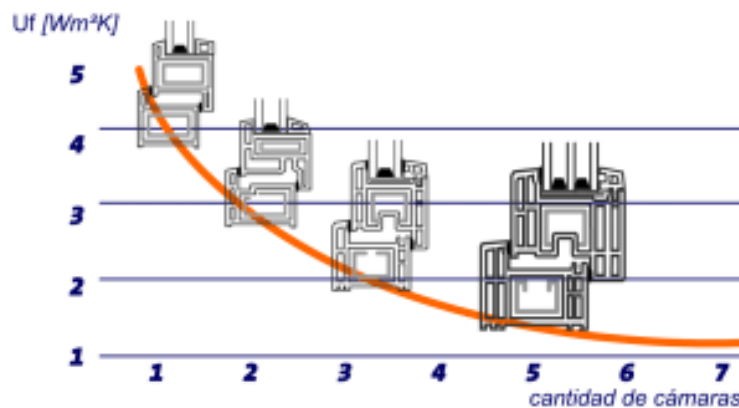


FIGURA 19. COMPARACIÓN TRANSMITANCIA TÉRMICA Y NÚMERO DE CÁMARAS
(MSVentanas, 2017, p.1)

En cuanto al vidrio Bajo Emisivo cabe destacar su gran capacidad de mejorar la eficiencia energética de las ventanas. Minimizan la pérdida de calor de los edificios, reflejando parte de la energía generada por los aparatos de calefacción, devolviendo este al ambiente interior (ARTEAL, s.f.). Durante los meses de invierno estos vidrios absorben calor y durante los meses de verano, transmiten mayor cantidad de calor hacia el exterior para disminuir la temperatura interior de la vivienda

Con esta medida de mejora de eficiencia energética (Anexo V), la calificación energética atendiendo a las emisiones de CO₂ pasa de ser de C (14,8) a B (12,8). Sin embargo atendiendo a la demanda de energías primarias no renovables se mantiene un calificación C, pasando de los valores C (71,7) a C (62,1). Estas variaciones se muestran en las Figuras 20 y 21 expuestas a continuación.

Demanda		Equipos		Combinaciones demanda		Combinaciones equipos		Comb. demanda + equipos		C 14.8	
Tipo de datos											
☐ Demanda (kWh/m ² año)		☐ Energ.final (kWh/m ² año)		☐ Energ.prim.No renov (kWh/m ² año)		☐ Emisiones (kgCO ₂ /m ² año)		☒ Calificación CO ₂			
☐ Ahorros demanda %		☐ Ahorros energ.final %		☐ Ahorros energ.prim.No renov %		☐ Ahorros emisiones CO ₂ %		☐ Calif.Energ.prim.No renov			
Aislamiento ($\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$)											
		+10mm aislamiento	+20mm aislamiento	+30mm aislamiento	+40mm aislamiento	+60mm aislamiento	+80mm aislamiento				
Cubiertas	☐	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8				
Muros	☐	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8				
Suelos	☐	C 14.6	C 14.4	C 14.3	C 14.1	C 13.9	C 13.8				
Cubiertas+Muros+Suelos	☐	C 14.6	C 14.4	C 14.3	C 14.1	C 13.9	C 13.8				
Puentes térmicos		Aislamiento continuo		Pilares aislados		Aisl. hasta el marco		Pilares aisl+aisl hasta el marco			
	☐	C 14.4		C 14.8		C 14.4		C 14.4			
Huecos											
		Vidrio	3,3 W/m ² K (doble)	2,5 W/m ² K (doble b.emisivo)	1,8 W/m ² K (d.bajo emisivo <0,03)						
		Marco	4,0 W/m ² K (metálico c.r.)	2,2 W/m ² K (Madera)	1,8 W/m ² K (PVC 3 cámaras)						
U Vidrio	☐	C 14.5		B 13.4		B 12.5					
U Marco	☐	C 15.1		C 14.8		C 14.8					
U Vidrio + U Marco	☐	C 14.8		B 13.4		☒ B 12.4					
FS Vidrio	☐	0,75	C 14.9	0,5	C 15.4	0,25	C 15.8				
FS Modificado Verano	☐	C 14.7		C 14.6		C 14.5					
Permeabilidad		27 (m ³ /hm ² 100Pa)		9 (m ³ /hm ² 100Pa)		3 (m ³ /hm ² 100Pa)					
	☐	C 14.6		C 14.3		C 14.3					
Reducción superficie											
		- 5%	- 10%	- 15%	- 20%						
Huecos	☐	C 14.6	C 14.3	C 14.1	C 13.8						
Muros	☐	C 14.8	C 14.8	C 14.8	C 14.8						
Reducción renovacion aire											
		- 5%	- 10%	- 15%	- 20%						
nr	☐	C 14.4	C 14.0	B 13.6	B 13.1						

FIGURA 20. MEJORAS DE DEMANDA (HUECOS)-EMISIONES DE CO₂ (CERMA)

Demanda	Equipos	Combinaciones demanda	Combinaciones equipos	Comb. demanda + equipos	C 71.7		
Tipo de datos ☐ Demanda (kWh/m2 año) ☐ Energ.final (kWh/m2 año) ☐ Energ.prim.No renov (kWh/m2 año) ☐ Emisiones (kgCO2/m2 año) ☐ Calificación CO2 ☐ Ahorros demanda % ☐ Ahorros energ.final % ☐ Ahorros energ.prim.No renov % ☐ Ahorros emisiones CO2 % ☒ Calif.Energ.prim.No renov							
Aislamiento ($\lambda = 0,04 \text{ W/m2K}$)							
		+10mm aislamiento	+20mm aislamiento	+30mm aislamiento	+40mm aislamiento	+60mm aislamiento	+80mm aislamiento
Cubiertas	☐	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7
Muros	☐	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7
Suelos	☐	C 70.7	C 69.9	C 69.2	C 68.6	C 67.7	C 67.0
Cubiertas+Muros+Suelos	☐	C 70.7	C 69.9	C 69.2	C 68.6	C 67.7	C 67.0
Puentes térmicos	☐	Aislamiento continuo C 69.6	Pilares aislados C 71.7	Aisl. hasta el marco C 69.7	Pilares aisl+aisl hasta el marco C 69.7		
Huecos							
	Vidrio Marco	3,3 W/m2K (doble) 4,0 W/m2K (metálico c.r.)	2,5 W/m2K (doble b.emisivo) 2,2 W/m2K (Madera)	1,8 W/m2K (d.bajo emisivo <0,03) 1,8 W/m2K (PVC 3 cámaras)			
U Vidrio	☐	C 70.4	C 65.2	C 60.6			
U Marco	☐	C 73.0	C 71.7	C 71.5			
U Vidrio + U Marco	☐	C 71.6	C 65.2	☒ C 60.3			
FS Vidrio	☐	0,75 C 71.9	0,5 C 74.0	0,25 C 76.2			
FS Modificado Verano	☐	C 71.0	C 70.3	C 69.6			
Permeabilidad	☐	27 (m3/hm2 100Pa) C 70.5	9 (m3/hm2 100Pa) C 69.5	3 (m3/hm2 100Pa) C 69.1			
Reducción superficie							
		- 5%	- 10%	- 15%	- 20%		
Huecos	☐	C 70.5	C 69.3	C 68.1	C 66.8		
Muros	☐	C 71.7	C 71.7	C 71.7	C 71.7		
Reducción renovacion aire nr							
		- 5%	- 10%	- 15%	- 20%		
nr	☐	C 69.7	C 67.7	C 65.7	C 63.7		

FIGURA 21. MEJORA DE DEMANDA (HUECOS)-DEMANDA DE ENERGÍAS PRIMARIAS NO RENOVABLES (CERMA)

- **Medida 2:** Aumentar el grosor del aislamiento en muros, suelo y cubierta.

En cualquier tipo de edificación, desde el punto de vista del aislamiento térmico y acústico, los muros, los suelos y cubiertas son los puntos clave a tener en cuenta, ya que se tratan de las superficies por las que más se produce transmisión de calor o frío, convirtiéndose en la principal barrera de protección (ISOVER, 2014). Por lo tanto un diseño adecuado de estas permitirá una disminución en la demanda de calefacción y refrigeración y proporcionará a su vez un mejor confort interior a los usuarios de la vivienda.



FIGURA 22. PORCENTAJE APROXIMADO DE ENERGÍA PÉRDIDA POR CERRAMIENTO DE LA VIVIENDA (ISOVER, 2014, p.3)

El CTE a través del catálogo de elementos constructivos ofrece multitud de posibilidades y de soluciones en cuanto al aislamiento tanto interior como exterior de las fachadas, buscando siempre un triple objetivo:

- Mejora de la eficiencia energética.
- Un mejor confort acústico.
- Incremento de la seguridad de las personas frente incendios.

El aislamiento térmico a utilizar en este caso es la lana mineral, excelente aislamiento térmico, que instalando los espesores adecuados, cumple con los requerimientos del CTE. Este tipo de aislamiento, a diferencia con otros, no pierde su efectividad con el paso de los años. El grosor en este caso elegido a instalar en los diferentes muros, suelo y fachadas del edificio es de aproximadamente unos 80mm.



FIGURA 23. AISLAMIENTO LANA MINERAL (ISOVER, 2014, p.6)

Con esta medida de mejora de eficiencia energética, la calificación energética atendiendo a las emisiones de CO₂ no varía prácticamente, ya que la calificación energética obtenida tras la mejora sigue siendo de letra C, Figuras 24 y 25 expuestas a continuación. Por lo que esta medida no supone unos grandes cambios con respecto a la eficiencia energética de la vivienda.

Demanda	Equipos	Combinaciones demanda	Combinaciones equipos	Comb. demanda + equipos	C 14.8			
Tipo de datos ☐ Demanda (kWh/m ² año) ☐ Energ.final (kWh/m ² año) ☐ Energ.prim.No renov (kWh/m ² año) ☐ Emisiones (kgCO ₂ /m ² año) ☒ Calificación CO₂ ☐ Ahorros demanda % ☐ Ahorros energ.final % ☐ Ahorros energ.prim.No renov % ☐ Ahorros emisiones CO ₂ % ☐ Calif.Energ.prim.No renov								
Aislamiento ($\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$) +10mm aislamiento +20mm aislamiento +30mm aislamiento +40mm aislamiento +60mm aislamiento +80mm aislamiento								
Cubiertas	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8
Muros	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8
Suelos	☐	C 14.6	☐	C 14.4	☐	C 14.3	☐	C 14.1
Cubiertas+Muros+Suelos	☐	C 14.6	☐	C 14.4	☐	C 14.3	☐	C 14.1
Puentes térmicos	☐	C 14.4	☐	C 14.4	☐	C 14.4	☐	C 14.4
Huecos Vidrio Marco 3,3 W/m ² K (doble) 4,0 W/m ² K (metálico c.r.) 2,5 W/m ² K (doble b.emisivo) 2,2 W/m ² K (Madera) 1,8 W/m ² K (d.bajo emisivo <0,03) 1,8 W/m ² K (PVC 3 cámaras)								
U Vidrio	☐	C 14.5	☐	B 13.4	☐	B 12.5	☐	B 12.5
U Marco	☐	C 15.1	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8
U Vidrio + U Marco	☐	C 14.8	☐	B 13.4	☒	B 12.4	☐	B 12.4
FS Vidrio	☐	C 14.9	☐	C 15.4	☐	C 15.8	☐	C 15.8
FS Modificado Verano	☐	C 14.7	☐	C 14.6	☐	C 14.5	☐	C 14.5
Permeabilidad	☐	C 14.6	☐	C 14.3	☐	C 14.3	☐	C 14.3
Reducción superficie - 5% - 10% - 15% - 20%								
Huecos	☐	C 14.6	☐	C 14.3	☐	C 14.1	☐	C 13.8
Muros	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8
Reducción renovacion aire nr - 5% - 10% - 15% - 20%								
nr	☐	C 14.4	☐	C 14.0	☐	B 13.6	☐	B 13.1

FIGURA 24.MEJORA DE DEMANDA (AISLAMIENTO)-EMISIONES DE CO₂ (CERMA)

Demanda	Equipos	Combinaciones demanda	Combinaciones equipos	Comb. demanda + equipos	C 71.7			
Tipo de datos ☐ Demanda (kWh/m ² año) ☐ Energ.final (kWh/m ² año) ☐ Energ.prim.No renov (kWh/m ² año) ☐ Emisiones (kgCO ₂ /m ² año) ☒ Calificación CO₂ ☐ Ahorros demanda % ☐ Ahorros energ.final % ☐ Ahorros energ.prim.No renov % ☐ Ahorros emisiones CO ₂ % ☐ Calif.Energ.prim.No renov								
Aislamiento ($\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$) +10mm aislamiento +20mm aislamiento +30mm aislamiento +40mm aislamiento +60mm aislamiento +80mm aislamiento								
Cubiertas	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7
Muros	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7
Suelos	☐	C 70.7	☐	C 69.9	☐	C 69.2	☐	C 68.6
Cubiertas+Muros+Suelos	☐	C 70.7	☐	C 69.9	☐	C 69.2	☐	C 68.6
Puentes térmicos	☐	C 69.6	☐	C 71.7	☐	C 69.7	☐	C 69.7
Huecos Vidrio Marco 3,3 W/m ² K (doble) 4,0 W/m ² K (metálico c.r.) 2,5 W/m ² K (doble b.emisivo) 2,2 W/m ² K (Madera) 1,8 W/m ² K (d.bajo emisivo <0,03) 1,8 W/m ² K (PVC 3 cámaras)								
U Vidrio	☐	C 70.4	☐	C 65.2	☐	C 60.6	☐	C 60.6
U Marco	☐	C 73.0	☐	C 71.7	☐	C 71.5	☐	C 71.5
U Vidrio + U Marco	☐	C 71.6	☐	C 65.2	☒	C 60.3	☐	C 60.3
FS Vidrio	☐	C 71.9	☐	C 74.0	☐	C 76.2	☐	C 76.2
FS Modificado Verano	☐	C 71.0	☐	C 70.3	☐	C 69.6	☐	C 69.6
Permeabilidad	☐	C 70.5	☐	C 69.5	☐	C 69.1	☐	C 69.1
Reducción superficie - 5% - 10% - 15% - 20%								
Huecos	☐	C 70.5	☐	C 69.3	☐	C 68.1	☐	C 66.8
Muros	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7
Reducción renovacion aire nr - 5% - 10% - 15% - 20%								
nr	☐	C 69.7	☐	C 67.7	☐	C 65.7	☐	C 63.7

FIGURA 25. MEJORA DE DEMANDA (AISLAMIENTO)-DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (CERMA)

- **Medida 3:** Instalación Caldera de Biomasa.

La caldera de biomasa posee una zona, donde se quema el combustible, en este caso la biomasa, se genera la llama, dando lugar a la combustión produciendo el calor necesario para ser transmitido al circuito de agua de la caldera. De esta manera el agua de los radiadores o del suelo radiante se calienta, por otra parte, también obtenemos el agua caliente sanitaria (ACS) para el consumo individual (Ferroli, s.f.).

Este tipo de calderas supone un gran número de ventajas, entre las que cabe destacar que se trata de un tipo de energía renovable con lo que se conseguirá reducir la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂. Por otro lado, necesita de un mantenimiento mínimo, por lo que no conlleva unos altos costes. En la Figura 26, mostrada a continuación, se comparan los costes entre los diferentes combustibles fósiles y vegetales, siendo el de mayor coste el Gas Licuado.

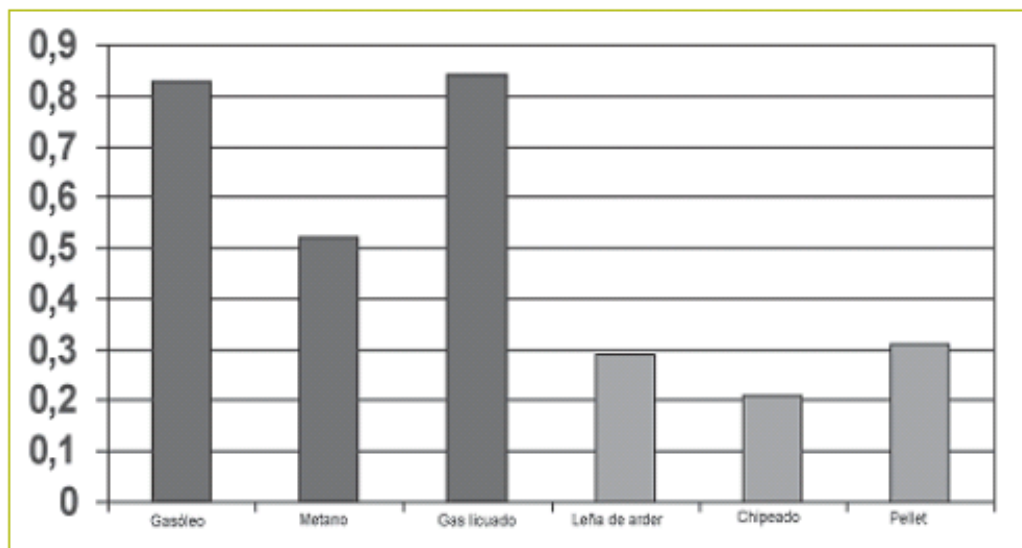


FIGURA 26. COMPARACIÓN DE COSTES ENTRE COMBUSTIBLES VEGETALES Y FÓSILES (Artese, C., Schenone, G. & Bartolelli, V., s.f., p.1)

En este caso la caldera de biomasa será alimentada a través de pellets, este es un combustible de madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros. El peso específico del pellet es de aproximadamente 6-700 kg/m³. El poder calorífico alcanzado es de aproximadamente unas 4.200 kcal/kg (Anexo VI).

El pellet debido a su forma cilíndrica y pequeño tamaño tiende a comportarse como un fluido, facilitando de esta manera el movimiento y la carga automática de las calderas. El pellet es el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños (Artese, C., Schenone, G. & Bartolelli, V., s.f.).

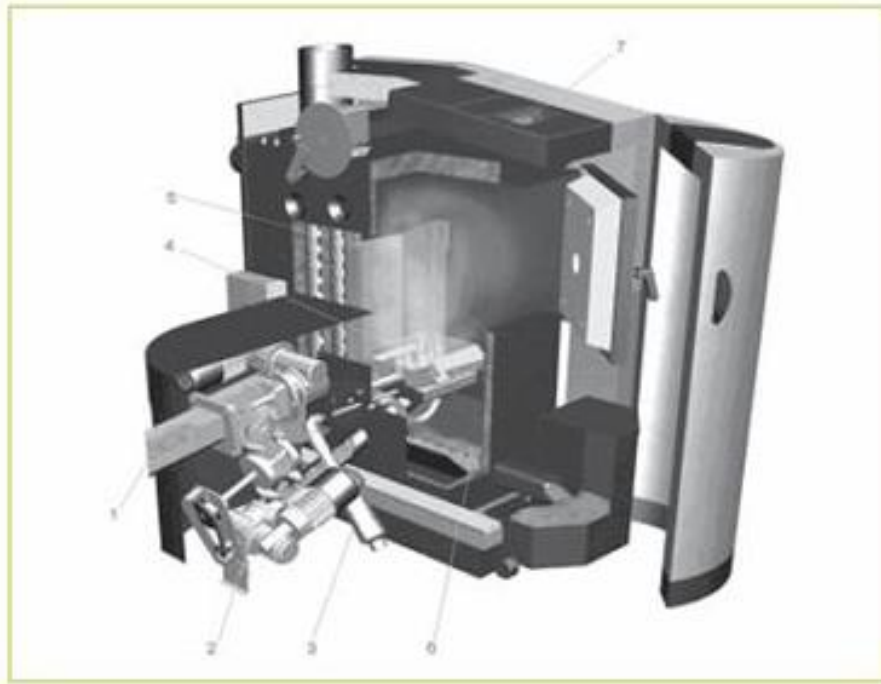


FIGURA 27. ESQUEMA DE UNA CALDERA DE PELLETS MODERNA (Artese, C., Schenone, G. & Bartolelli, V., s.f., p.1)

Con esta medida de mejora de eficiencia energética, la calificación energética atendiendo a las emisiones de CO₂ pasa de ser de C (14,8) a A (2,7). Por otro lado, al igual que en el caso anterior, atendiendo a la demanda de energías primarias no renovables se pasa de una calificación letra C (71,7) a la letra A (14,2). Estas variaciones se muestran en las Figuras 28 y 29 expuestas a continuación. Por lo tanto esta medida es la que mayores beneficios reporta a la vivienda desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Demanda		Equipos		Combinaciones demanda		Combinaciones equipos		Comb. demanda + equipos		C 14.8	
Tipo de datos ☐ Energ.final (kWh/m2 año) ☐ Energ.prim.No renov (kWh/m2 año) ☐ Emisiones (kgCO2/m2 año) ☐ Ahorros energ.final % ☐ Ahorros energ.prim.No renov % ☐ Ahorros emisiones CO2 %											
☐ Calificación CO2 ☐ Calif.Energ.prim.No renov											
Calefacción											
		Rendimiento estacional	90%	95%	100%	105%					
Caldera	Gas Natural	☐	C 15.0	☐	C 14.3	☐	C 13.6	☐	B 13.1		
	Gasóleo C	☐	C 18.2	☐	C 17.3	☐	C 16.5	☐	C 15.8		
	GLP	☐	C 15.1	☐	C 14.4	☐	C 13.7	☐	B 13.2		
	Biomasa	☒	A 2.4								
COP estacional		2	2,33	2,66	3						
Bomba calor	Electricidad	☐	B 9.5	☐	A 8.3	☐	A 7.5	☐	A 6.8		
Refrigeración											
EER (sensible) estacional		1,7	2	2,33	2,66						
Equipo frío	Electricidad	☐	C 15.1	☐	C 14.8	☐	C 14.6	☐	C 14.5		
ACS											
		Rendimiento estacional	90%	95%	100%	105%					
Caldera	Gas Natural	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8		
	GLP	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8		
	Biomasa	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8		
Efecto Joule	Electricidad	☐	C 14.8								
COP estacional		2	2,33	2,66	3						
Bomba calor aire-agua	Electricidad	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8	☐	C 14.8		

FIGURA 28. MEJORAS DE EQUIPOS-EMISIONES DE CO2 (CERMA)

Demanda		Equipos		Combinaciones demanda		Combinaciones equipos		Comb. demanda + equipos		C 71.7	
Tipo de datos ☐ Energ.final (kWh/m2 año) ☐ Energ.prim.No renov (kWh/m2 año) ☐ Emisiones (kgCO2/m2 año) ☐ Ahorros energ.final % ☐ Ahorros energ.prim.No renov % ☐ Ahorros emisiones CO2 %											
☐ Calificación CO2 ☒ Calif.Energ.prim.No renov											
Calefacción											
		Rendimiento estacional	90%	95%	100%	105%					
Caldera	Gas Natural	☐	C 72.6	☐	C 69.2	☐	C 66.2	☐	C 63.4		
	Gasóleo C	☐	C 72.0	☐	C 68.6	☐	C 65.6	☐	C 62.9		
	GLP	☐	C 73.2	☐	C 69.8	☐	C 66.7	☐	C 63.9		
	Biomasa	☒	A 12.9								
COP estacional		2	2,33	2,66	3						
Bomba calor	Electricidad	☐	B 55.9	☐	B 49.2	☐	B 44.1	☐	B 40.1		
Refrigeración											
EER (sensible) estacional		1,7	2	2,33	2,66						
Equipo frío	Electricidad	☐	C 73.3	☐	C 71.7	☐	C 70.5	☐	C 69.6		
ACS											
		Rendimiento estacional	90%	95%	100%	105%					
Caldera	Gas Natural	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7		
	GLP	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7		
	Biomasa	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7		
Efecto Joule	Electricidad	☐	C 71.7								
COP estacional		2	2,33	2,66	3						
Bomba calor aire-agua	Electricidad	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7	☐	C 71.7		

FIGURA 29. MEJORAS DE EQUIPOS-DEMANDA DE ENERGÍAS PRIMARIAS NO RENOVABLES (CERMA)

Una vez evaluadas estas tres medidas de mejora de eficiencia energética elegidas y al comprobar que la mejora número 2 no genera unos grandes beneficios con respecto a la calificación energética del edificio, se van a tener en cuenta únicamente la medida número 1 y 3.

Aplicando la medida 1 y 3 de forma conjunta sobre el edificio objeto de estudio se obtiene una calificación energética global de **A**, mejorando esta de una letra C a una letra A tanto desde el punto de vista de las emisiones totales de CO₂ (kg/m²), como con respecto a la utilización de energía primaria no renovable (kWh/m²), Figuras 30 y 31. (Anexo VII).

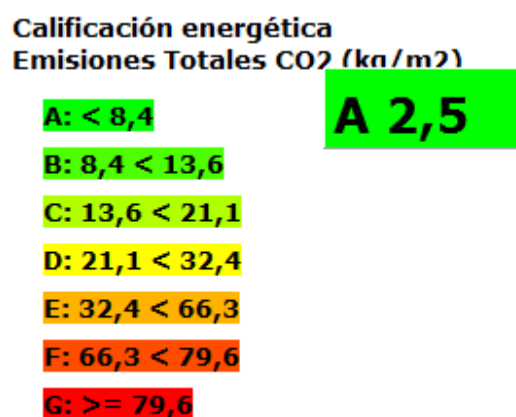


FIGURA 30. NUEVA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EMISIONES DE CO₂ TRÁS LAS MEJORAS (CERMA)

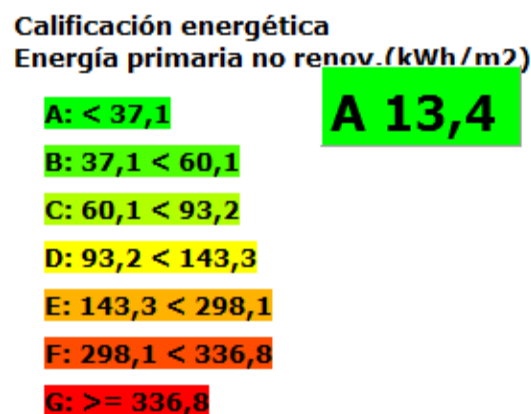


FIGURA 31. NUEVA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA USO ENERGÍAS PRIMARIAS NO RENOVABLES TRÁS LAS MEJORAS (CERMA)

Tras la aplicación de estas medidas de eficiencia energética. Atendiendo al cumplimiento del CTE-HE, puede comprobarse el cumplimiento de transmitancia térmica, en cada uno de los cerramientos. Los resultados obtenidos tras las mejoras se muestran a continuación, Figura 32.

HE0

HE1

HE2

HE3

HE4

HE5

Cumplimiento

Valores Máximos

Condensaciones

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos

CERRAMIENTO. Valores de transmitancia termica (segun CTE)	Umax,proy	Ulimite	CUMPLIMIENTO
Muros de fachada	---	0,60	Cumple
1 m. de suelos apoyados sobre el terreno	---	0,60	Cumple
1 m. de muros en contacto con el terreno	---	0,60	Cumple
Particiones interiores Hz. o Vert. (distinto uso)	---	0,85	Cumple
Suelos con el exterior	---	0,40	Cumple
Cubiertas con el exterior	---	0,40	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	2,43	2,70	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1,20	Cumple
Particiones interiores Vert.(mismo uso)	---	1,20	Cumple
Permeabilidad Huecos	0,00	27,00	Cumple

Cumple U valores máximos

FIGURA 32. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CTE-HE1 (CERMA)

4.5 Análisis técnico-económico CE3X

En los edificios existentes las actuaciones deben ir dirigidas tanto a las propias instalaciones del edificio como a la envolvente. Se puede mejorar el aislamiento térmico de las fachadas y cubiertas, así como de las ventanas, reduciendo de manera significativa los índices de intensidad energética.

Las instalaciones interiores susceptibles de la aplicación de mejoras de eficiencia energética son varias, comprendiendo desde las instalaciones de calefacción como las instalaciones de iluminación, ascensores etc. (Comunidad de Madrid. 2010).

CE3X (Certificación de Eficiencia Energética de Edificios Existentes, provista por el Ministerio de Fomento y por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), está disponible en la página del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

CE3X comienza con la recogida de datos que permiten definir el comportamiento térmico del edificio existente y con ello la eficiencia de sus instalaciones térmicas. Esta aplicación permite como se explicó en el apartado 2.5 introducir los datos del edificio de tres maneras diferentes (IDAE, 2015).

Por lo tanto, una vez elegidas las tres mejoras de eficiencia energética del apartado anterior, mediante la aplicación informática aportada por el MINETUR CERMA, se analizan estas a través de la aplicación informática CE3X. Esta aplicación informática, permite analizar las medidas de mejora de eficiencia energética tanto desde el punto de vista técnico como económico.

4.5.1 Calificación energética del edificio CE3X

Los mismos datos de la edificación atendiendo a la envolvente térmica y equipos utilizados en la herramienta CERMA, van a ser utilizados en este caso en otra de las herramientas informáticas autorizada por el MINETUR, CE3X. El resultado de calificación inicial (Figura 33) es muy próximo al emitido por CERMA (C 14,8, Figura 16). En España la mayoría de las calificaciones están entre las letras D y E por lo que esta vivienda gastaría menos de la media española, consiguiendo un "aprobado" en materia de eficiencia energética.

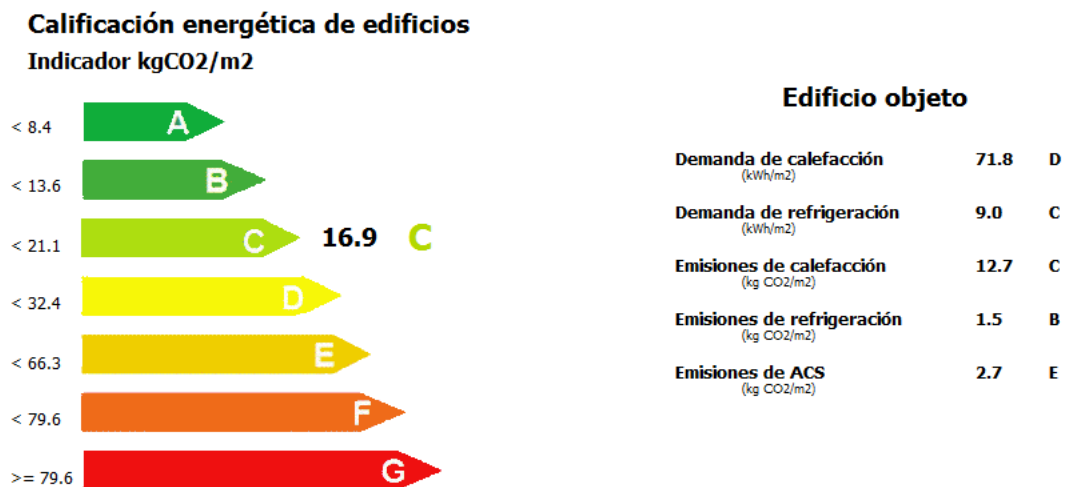


FIGURA 33. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA SEGÚN CE3X (CE3X)

4.5.2 Medidas de mejora de eficiencia energética CE3X

En este caso, se van a analizar las medidas de mejora viables según CERMA, es decir la medida 2 de modificación del aislamiento de la vivienda no se va a evaluar mediante CE3X. CE3X, permite emitir un análisis económico de las medidas de mejora elegidas. Las mejoras consideradas en este caso son las siguientes:

- Medida 1, Instalar en las ventanas PVC de 3 cámaras, en vez del PVC de dos cámaras instalado y vidrio doble bajo emisivo <0.03; se incorpora doble vidrio en cada una de las ventanas
- Medida 3, Instalar una caldera de Biomasa.
- Combinación de las dos medidas anteriores, Medida 1 + 3.

Aplicando la primera medida, **medida 1**, instalación en las ventanas PVC de 3 cámaras, en vez del PVC de dos cámaras instalado y vidrio doble bajo emisivo <0.03 junto con la incorporación doble vidrio en cada una de las ventanas; la calificación energética obtenida al igual que en CERMA pasa de una letra C a una letra B, Figura 34.

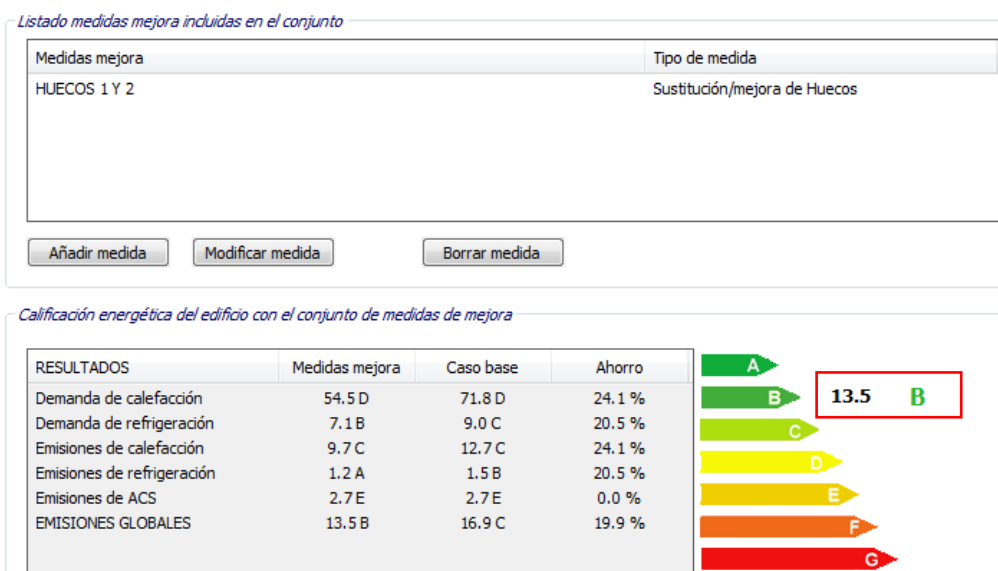


FIGURA 34. NUEVA CALIFICACIÓN TRÁS LA MEDIDA N°1 (CE3X)

Aplicando la segunda medida, **medida 3**, sustituyendo la caldera de gas natural convencional por una caldera de biomasa alimentada a través de pellets, la calificación energética al igual que en CERMA, pasa de una letra C a una letra A (Figura 35); pasando a ser una vivienda de gran eficiencia energética, en cuanto a los equipos.

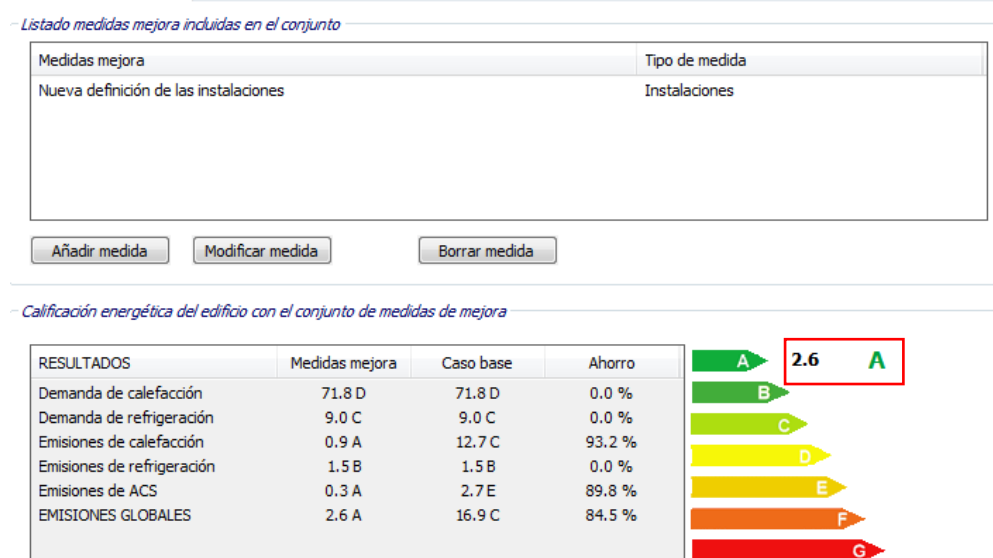


FIGURA 35. NUEVA CALIFICACIÓN TRÁS LA MEDIDA N° 3 (CE3X)

Por último se lleva a cabo la combinación de la **medida 1 y la medida 3**, ya que se considera que esta alternativa va a generar grandes beneficios. La calificación energética al igual que en CERMA, pasa de una letra C a una letra A (Figura 36); pasando a ser una vivienda de gran eficiencia energética.

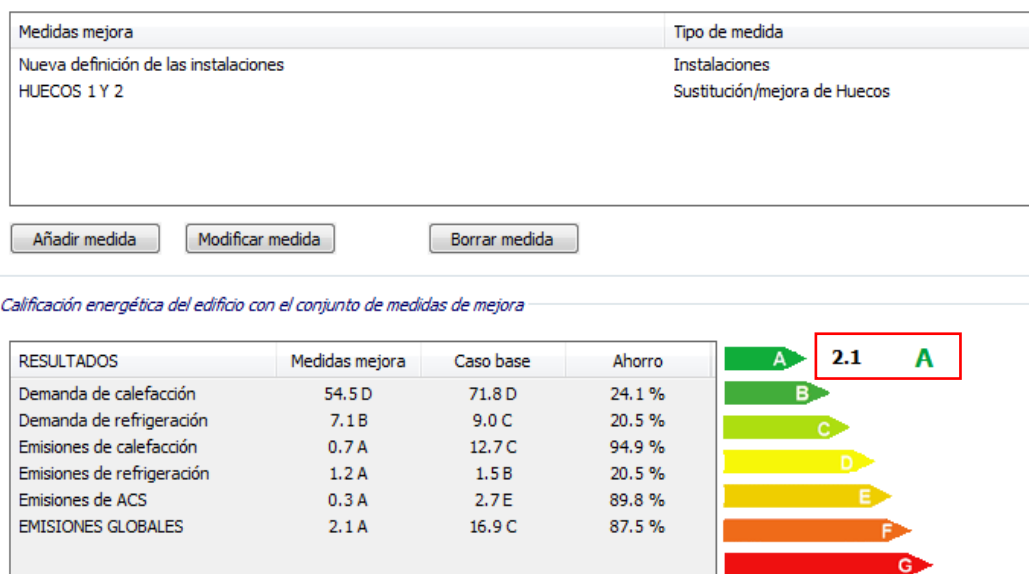


FIGURA 36. NUEVA CALIFICACIÓN TRÁS LA MEDIDA N°1 (CE3X)

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	71.8 D	9.0 C	12.7 C	1.5 B	2.7 E	16.9 C	-
Medida 1	54.5 D	7.1 B	9.7 C	1.2 A	2.7 E	13.5 B	19.9%
Medida 3	71.8 D	9.0 C	0.9 A	1.5 B	0.3 A	2.6 A	84.5%
Medida 1+3	54.5 D	7.1 B	0.7 A	1.2 A	0.3 A	2.1 A	87.5%

FIGURA 37. COMPARACIÓN DE LOS AHORROS GENERADOS POR CADA MEDIDA (CE3X)

Mediante esta Figura 37, se comprueba que la combinación de la medida 1 y 3, es desde el punto de vista técnico la que más influye energéticamente en la vivienda produciendo ahorros de 87,5 %, a diferencia de los ahorros generados por la medida 1 de un 19,9 % y la medida 3 de 84,5 %. Por lo tanto la mejor medida desde el punto de vista técnico es la combinación de la medida 1+3.

4.5.3 Análisis económico de las mejoras CE3X

Para el análisis económico debemos fijar los precios de los diferentes combustibles que forman parte de la demanda tanto inicial como final; para posteriormente, poder calcular el coste final de cada una de las mejoras de eficiencia energética elegidas.

En primer lugar, se debe definir el coste del kWh de Electricidad dentro del territorio español, en este caso el dato será aportado por *Endesa* a través de su página web (Endesa S.A., 2017). Mediante los datos estimados de consumo de cada una de las vivienda objeto de estudio que conforman el bloque de tres pisos es aproximadamente de 286,41 kWh/mes, y agregando un porcentaje del 21% de IVA, el coste aproximado del kWh utilizado en este caso es de 0,134 €. En cuanto a la Biomasa el IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE, 2007) estima el coste de esta en torno a los 0,016 €/kWh.

En segundo lugar, se deben definir los costes de implementación, vida útil y mantenimiento de las mejoras elegidas de eficiencia energética. En cuanto a los nuevos equipos a instalar de biomasa destinados a calefacción y ACS, según la Comunidad de Madrid a través de la Guía práctica publicada de equipos automáticos de calefacción con biomasa para viviendas y edificios (Comunidad de Madrid, 2006), en este caso, las calderas de biomasa convencionales poseen una potencia que varía desde 25 kW a cientos de kW. No admiten varios combustibles de forma conjunta, aunque si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo se puede cambiar el tipo de combustible a utilizar, el coste se incrementa en torno a un 40%, con un coste aproximado de la caldera de biomasa de entorno a 400kW de 45.000 € (CYPE Ingenieros, S.A., 2018), caldera mostrada en a Figura 38.



FIGURA 38.CALDERA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR (COMUNIDAD DE MADRID, 2006, p.18)

TABLA 17. CALDERA DE BIOMASA ESTÁNDAR

Tecnología	Propiedades	Tipo de caldera	Comentarios
Caldera estándar de biomasa	Alto rendimiento hasta 92%. Automáticas	Calderas de biomasa con alimentación inferior	Calderas para el consumo de pellets. Aptas para combustibles con bajo contenido de cenizas

Adaptación de IDAE, 2009, p.50

Con estos datos y a través de la aplicación CE3X, podemos realizar la valoración económica de las medidas de eficiencia energética elegidas, Figuras 39 y 40, estos valores económicos pertenecen al coste total de las 3 viviendas. Se han tenido en cuenta únicamente los valores de VAN teórico y los años de amortización teóricos, ya que no se han conseguido las facturas de consumo de las viviendas estudiadas. Este reporte nos indica algunos datos interesantes desde el punto de vista económico en lo que se refiere a la implementación de las mejoras de eficiencia energética de la edificación objeto de estudio.

	Medida de mejora	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)
1	HUECOS 1+2	Medida 1	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000
2	Nuevas Instalaciones	Medida 3.	Instalaciones	20	45000
3	Nuevas Instalaciones	Medida 1 + 3.	Instalaciones	20	45000
4	HUECOS 1+2	Medida 1 + 3.	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000

FIGURA 39. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS (CE3X)

	Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	Medida 1			37.5	15630.7
2	Medida 3			19.6	12571.2
3	Medida 1 + 3			58.6	17653.4

FIGURA 40. RESULTADO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO (CE3X)

En lo que se refiere a la primera medida de mejora de la instalación en las ventanas PVC de 3 cámaras, en vez del PVC de dos cámaras instalado y vidrio doble bajo emisivo <0.03 ; se incorpora doble vidrio en cada una de las ventanas, los valores obtenidos se exponen a continuación:

- Posee una amortización teórica de unos 38 años, es decir después de este se terminará la deuda o coste asociado a la implementación de esta medida, pasado este tiempo se reflejarán las ganancias económicas al usuario final.
- El Valor Actual Neto (VAN) teórico es de 15630,7 € este valor nos indica el valor o coste (capital + interés), originados por la inversión generada en esta mejora. Si el valor se encuentra por encima de cero, la inversión producirá beneficio, por lo que desde el punto económico esta inversión puede ser aceptable.

En lo que se refiere a la tercera medida de mejora de modificación de la caldera de gas natural a una caldera estándar de biomasa, los valores obtenidos se exponen a continuación:

- Posee una amortización teórica de unos 20 años, es decir después de este se terminará la deuda o coste asociado a la implementación de esta medida, pasado este tiempo se reflejarán las ganancias económicas al usuario final.
- El Valor Actual Neto (VAN) teórico es de 12571,2 €, este valor nos indica el valor o coste (capital + interés), originados por la inversión generada en esta mejora. Si el valor se encuentra por encima de cero, la inversión producirá beneficio, por lo que desde el punto económico esta inversión puede ser aceptable.

En lo que se refiere a la combinación de las medidas 1 y 3 de mejora, los valores obtenidos se exponen a continuación:

- Posee una amortización teórica de unos 59 años, es decir después de este se terminará la deuda o coste asociado a la implementación de esta medida, pasado este tiempo se reflejarán las ganancias económicas al usuario final.

- El Valor Actual Neto (VAN) teórico es de 17653,4 €, este valor nos indica el valor o coste (capital + interés), originados por la inversión generada en esta mejora. Si el valor se encuentra por encima de cero, la inversión producirá beneficio, por lo que desde el punto económico esta inversión puede ser aceptable.

Tras este análisis obtenido mediante CE3X, no siempre la mejor alternativa desde el punto de vista técnico es la más viable desde el punto de vista económico. En este caso la medida 1+3, es la más viable técnicamente ya que permite por un lado cumplir con lo que dicta el CTE en cuanto a los valores máximos de transmitancia de huecos y ventanas y por otro lado permite reducir las emisiones de CO₂, instalando una caldera de Biomasa.

Sin embargo, a pesar de que las tres medidas de mejora elegidas de eficiencia energética resultan ser aceptables desde el punto de vista de la inversión, la medida 1+3 en este caso resulta ser una medida con elevados costes y largo periodo de amortización; siendo desde mi punto de vista la más viable económicamente la medida 3 por separado, que a pesar de suponer unos elevados costes por el cambio de caldera, los años de amortización son menores, de unos 20 años; y los beneficios generados en cuanto a la reducción de gases contaminantes son mayores. El informe final emitido por CE3X, de acuerdo a la certificación y descripción de las medidas de mejoras, se muestran en el Anexo VIII.

4.6 Aplicación de energía renovable - Solar Térmica

En España los primeros pasos en este sector de la eficiencia energética se dieron al incluir un aporte de energía por parte de energías renovables en el consumo final de los edificios (Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Cantabria, COATCAN, 2013). Implementando sistemas como paneles solares térmicos para el apoyo a la producción de ACS, paneles solares fotovoltaicos para producir energía eléctrica, pasando por energía mini-eólica, geotérmica etc.

Todos estos tipos de energías renovables están reguladas mediante su correspondiente normativa estatal y autonómica y bajo las directrices del Código Técnico de la Edificación, de obligado cumplimiento desde el año 2007 (COATCAN, 2013). En el presente proyecto se selecciona la energía termoeléctrica a través de **paneles solares térmicos** para el apoyo a la producción de ACS.

TABLA 18. EMISIONES ACUMULADAS (2011 - 2020) DE CO2 EVITADAS POR EL NUEVO PARQUE DE ENERGÍAS RENOVABLES DEL PER 2011-2020

Emisiones evitadas en el periodo 2011-2020 (tCO2)	
Energías Renovables-GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	
Hidroeléctrica normalizada	592,172
Eólica normalizada	62712,996
Eólica marina	1554,616
Solar termoeléctrica	32569,924
Solar fotovoltaica	12934,085
Biomasa	10587,673
Biogás	3093,316
Residuos domésticos renovables	1586,777
Energías del mar	235,108
Geotermia	217,767
TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS	126084,434
Energías Renovables- CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	
Biomasa y residuos	11280,173
Biogás	975,152
Geotérmica	65,412
Paneles solares y otros	4969,922
Bomba de calor	486,308
TOTAL ÁREAS TÉRMICAS	17776,967
ACUMULADO CO2 evitado en el periodo (tCO2)	143861,401

Adaptación IDAE, Plan de Energías Renovables 2011-2020,s.f., p.53

En cuanto a las toneladas de emisión de CO₂ evitadas para el periodo 2011-2020, por causa de la aplicación de energías renovables se estiman de alrededor de las 143861,40; siendo aplicadas estas energías renovables tanto en la generación de electricidad como en la generación de calefacción y refrigeración, estos datos se muestran en la tabla adjuntada anteriormente, Tabla 18.

Estas alternativas renovables permiten reducir en gran medida las emisiones de CO₂ producidas en las edificaciones. Las toneladas de emisión CO₂ evitadas con la instalación de este tipo de energías alternativas han quedado mostradas en la Tabla 18.

“El sector solar termoeléctrico contó en 2010 en España con 632 MW de potencia instalada, que produjeron 691 GWh” (IDAE, Plan de Energías Renovables 2011-2020,s.f., p.23).

Más concretamente, y como se ha expuesto en el apartado 2.6; en la sección HE del CTE, se exponen los criterios básicos a seguir referentes a la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en la edificación (CTE-DB-HE, 2017). A su vez se requiere tras la de un plan de vigilancia y mantenimiento adecuado que verifique el correcto funcionamiento de la instalación (CTE-DB-HE, 2017).

Para un buen dimensionado de la instalación, es necesario calcular la demanda de ACS necesaria en la edificación. En este caso, se ha tenido en cuenta un total de 4 habitantes por vivienda, es decir un total de 12 personas.

Por todo ello, según la tabla del CTE mostrada a continuación, Tabla 19, la demanda por persona, tomando como referencia la temperatura del agua a 60°C, es de unos 28 Litros/día por persona; por lo que el total de la demanda en este caso es de unos 336 litros/día. Por lo que con estos datos calculados de demanda, la contribución solar mínima para ACS es en la zona climática III en la que se sitúa la edificación objeto de estudio, es de un 40%, este dato se obtiene de la Tabla 1, mostrada al inicio del proyecto.

TABLA 19. DEMANDA DE REFERENCIA A 60 °C

Criterio de Demanda	Litros/día x Unidad	Unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorios y centros de salud	41	Por persona
Hotel (5 estrellas)	69	Por persona
Hotel (4 estrellas)	55	Por persona
Hotel (3 estrellas)	41	Por persona
Hotel/hostal (2 estrellas)	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión (1 estrella)	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Adaptación del CTE-DB-HE, 2017, p.53

La complejidad de dimensionar una instalación de estas características reside en alcanzar un equilibrio entre la calidad y cantidad de la energía que se pretende obtener y el coste que supone obtenerla. Por otro lado, hay que tener en cuenta la normativa con respecto al mínimo aporte solar, para así poder asegurar una buena seguridad de las personas y estructuras.

4.6.1 Demanda de energía en invierno y verano

Atendiendo a la siguiente formula se ha realizado el cálculo de la demanda de energía necesaria tanto en invierno como en verano.

$$Q \text{ (kWh)} = M \times \rho \times C_p (T_{cal} - T_{fría})$$

Donde M, es el consumo de agua (en este caso 336 litros), ρ es la densidad del líquido en kg/l (en este caso se utiliza la del agua 1kg/l), C_p es el calor específico del agua en kWh/(kg x K)= $1,16 \cdot 10^{-3}$ kWh/kg·K, T_{cal} es la temperatura del agua caliente en °C (60°C) y $T_{fría}$ es la temperatura del agua fría de suministro en Madrid en °C, en invierno es de unos 6,7 °C y la temperatura de suministro en verano es de unos 26,0 °C, los datos se han obtenido a través del documento publicado por IDAE. (IDAE, 2009).

Teniendo en cuenta estos valores la demanda de energía es de:

Para el invierno

$$Q \text{ (kWh)} = 336 \cdot 1 \text{ kg/l} \times 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/kg} \cdot \text{K} \times (60 - 6,7) = 20,77 \text{ kWh en invierno}$$

Y durante el verano

$$Q \text{ (kWh)} = 336 \cdot 1 \text{ kg/l} \times 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/kg} \cdot \text{K} \times (60 - 26,0) = 13,25 \text{ kWh en verano}$$

4.6.2 Superficie necesaria de captación

Una vez calculada la demanda de ACS generada en el edificio objeto de estudio, es necesario calcular la superficie en m² necesaria de captación de energía solar térmica.

$$S1 = \frac{(FS_{min} \times Q)}{(\mu \times E_{\text{útil}})}$$

Donde, $E_{\text{útil}}$, es la radiación media diaria en Madrid en invierno (2,27 kWh/m²) y en verano (8,04 kWh/m²), FS_{min} , es la fracción solar mínima en invierno (0,35) y en verano (0,85), Q es la demanda total diaria de ACS, valores calculados en el apartado anterior y η es el rendimiento de la instalación en este caso= 0,5, Estos datos se han obtenido a través de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, s.f.).

La superficie de captación necesaria en cada período es, en invierno

$$S \text{ (m}^2\text{)} = (0,35 \times 20,77) \text{ kWh} / (0,5 \times 2,27) \text{ kWh} = 6,40 \text{ m}^2$$

Y en verano

$$S \text{ (m}^2\text{)} = (0,85 \times 13,25) \text{ kWh} / (0,5 \times 8,04) \text{ kWh} = 2,81 \text{ m}^2$$

4.6.3 Captadores necesarios

Una vez calculada la demanda de ACS junto con la superficie de captación necesaria para suplir un 40% de esta por parte de la energía solar térmica, se debe elegir el tipo de captador solar plano a utilizar en la instalación. Tras consultar el catálogo de producto de Junkers, S.L. atendiendo a los datos calculado en los apartados anteriores se va a seleccionar el captador térmico dentro del grupo de Captadores solares (Junkers, 2017). El rendimiento y la durabilidad de una instalación solar dependen fundamentalmente del tipo de captador solar utilizado.

Los captadores solares TOP de Junkers han sido diseñados para proporcionar el máximo rendimiento, aún en las condiciones de trabajo más difíciles. Convierten la energía del sol en calor útil para sus instalaciones de agua caliente sanitaria, piscina, calefacción...

Captadores solares que se adaptan a la edificación. Los captadores solares Junkers se adaptan a cualquier tipología de cubierta, tanto cubiertas planas, inclinadas etc. En este caso se trata, de estructuras de aluminio con reducidos costes de transporte y fácil manipulación (Junkers, 2017).

Dentro de los Captadores solares TOP, se encuentran los Excellence FKT-2, elegidos en este sistema (Anexo IX). El captador solar FKT de Junkers se trata de un captador solar de alto rendimiento, con un circuito hidráulico en doble serpentín.

Características técnicas principales

- Tratamiento selectivo: PVD
- Circuito hidráulico en doble serpentín
- Conexiones metálicas flexibles y posibilidad de conexión de hasta 10 captadores en paralelo
- Vidrio solar
- El exclusivo diseño del absorbedor evita sobrecalentamientos en épocas de bajo consumo y elevada radiación en un captador con gran temperatura de estancamiento.
- Facilitan el montaje de los captadores solares, proporcionando estanqueidad total y gran durabilidad. Para montaje en vertical y horizontal

Seleccionando el mayor valor de superficie útil necesaria de captación y siendo la superficie útil del captador en este caso de 2,426 m², se necesitan 3 captadores FKT 2S para satisfacer la demanda.

$$6,40 \text{ (m}^2\text{)} / 2,426 \text{ (m}^2\text{)} = 2,64 = \mathbf{3 \text{ captadores}}$$

4.6.4 Sistema de Acumulación

En cuanto al volumen del acumulador, se recomienda que corresponda a valores comprendidos entre el 60% y el 100% de la carga diaria.

$$0,6 \leq \frac{V}{M} \leq 1$$

Dónde V es el volumen del acumulador (250 litros) y M es la carga diaria (336 litros).

En España, se recomienda que el volumen del acumulador solar para la producción de ACS sea del orden del consumo diario de agua caliente, pudiéndose suponer un volumen de acumulación de 70 litros por m² de captador.

Para el acumulador se va a elegir el acumulador SANIT, elegido del catálogo de productos proporcionado por DOMUSA CALEFACCION S.COOP, este está construido por acero inoxidable, cumpliendo las exigencias higiénicas más estrictas. Además este material dispone de un gran coeficiente de transmisión que le confiere al acumulador una gran capacidad para producir agua caliente sanitaria. El ahorro energético es otro de los aspectos especialmente cuidados en el diseño de este producto. El acumulador, tiene un volumen de acumulación de 250 litros (Anexo X), dispone de un sistema de doble envolvente equipado con un sistema de control y regulación para poder combinarse con cualquier tipo de caldera (Domusa, 2009).

$$0,6 \leq 250/336 \leq 1 \quad / \quad 0,6 \leq \mathbf{0,74} \leq 1$$

4.6.5 Rentabilidad técnica/económica CERMA - CE3X

Con la aplicación de la medida 4, que consiste en instalar paneles solares planos para cubrir parte de la demanda de energía necesaria para ACS y calefacción de la vivienda, junto con el equipo de suministro de la edificación es decir, manteniendo la caldera convencional de gas natural, la calificación energética de la vivienda objeto de estudio mediante la aplicación CE3X, pasa de una letra C (16,9), este valor aparece en la Figura 33, anteriormente explicada, a una letra B (11,8) (Figura 41). Según la aplicación CERMA pasa de una letra C (14, 8), Figura 16, anteriormente adjuntada, a una calificación energética B (12,7) (Figura 42).



FIGURA 41. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA TRÁS LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA 4 (CE3X)

Calificación energética Emisiones Totales CO₂ (kg/m²)

A: < 8,4

B: 8,4 < 13,6

C: 13,6 < 21,1

D: 21,1 < 32,4

E: 32,4 < 66,3

F: 66,3 < 79,6

G: >= 79,6

B 12,7

FIGURA 42. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA TRÁS LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA 4 (CERMA)

Por otro lado, se debe analizar esta medida al igual que las medidas elegidas anteriormente, desde el punto de vista económico. En este caso se precisan según los cálculos de un total de 3 captadores FKT 2 S para satisfacer parte de la demanda de calefacción y ACS de la vivienda objeto de estudio.

	Medida de mejora	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)
1	HUECOS 1+2	Medida 1	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000
2	Nuevas Instalaciones	Medida 3.	Instalaciones	20	45000
3	Nuevas Instalaciones	Medida 1 + 3.	Instalaciones	20	45000
4	HUECOS 1+2	Medida 1 + 3.	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000
5	Nuevas Instalaciones	Medida 4.	Instalaciones	20	5000

FIGURA 43. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA MEDIDA 4 (CE3X)

	Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	Medida 1			37.5	15630.7
2	Medida 3.			19.6	12571.2
3	Medida 1 + 3.			58.6	17653.4
4	Medida 4.			6.3	15550.9

FIGURA 44. RESULTADO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO (CE3X)

Este informe nos indica algunos datos interesantes desde el punto de vista económico en lo que se refiere a la implementación de la mejora 4 de eficiencia energética (Anexo XI).

En lo que se refiere por lo tanto a la medida 4, instalación de tres paneles solares planos FKT 2 S para satisfacer parte de la demanda de calefacción y ACS de la vivienda objeto de estudio, los valores obtenidos se exponen en las Figuras 43 y 44:

- Posee una amortización teórica de unos 6 años, es decir después de este se terminará la deuda o coste asociado a la implementación de esta medida, pasado este tiempo se reflejarán las ganancias económicas al usuario final.
- El Valor Actual Neto (VAN) teórico es de 15550,9 €, este valor nos indica el valor o coste (capital + interés), originados por la inversión generada en esta mejora. Si el valor se encuentra por encima de cero, la inversión producirá beneficio, por lo que desde el punto económico esta inversión puede ser aceptable.

Con estos resultados, la medida 4, instalación de paneles solares es viable tanto técnica como económicamente, mejorando la calificación energética de C a B. En este caso, al ser una edificación regida por una normativa anterior, no está obligada a instalar estos paneles solares. A pesar de resultar viable, al comprar esta medida con las 3 medidas anteriores, se llega a la conclusión, de que en este caso, desde el punto de vista energético, el cambio de caldera de Gas Natural por una de Biomasa genera mayor número de beneficios, que la instalación de paneles solares.

4.7 Combinación de las medidas 1, 3 y 4

4.7.1 Calificación energética CERMA - CE3X

Una vez evaluadas de forma técnica y económica las diferentes medidas de eficiencia energética seleccionadas de forma individual, se ha considerado oportuno analizar de forma combinadas las medidas 1, 3 y 4. Esta última consiste en realizar cambios en los huecos y ventanas, cambio de caldera de Gas Natural por una caldera de Biomasa y por último instalación de paneles solares térmicos para aportar parte de la energía necesaria de ACS. La calificación energética una vez combinadas las medidas 1, 3 y 4, según CERMA es de A (1,9), Figura 45.

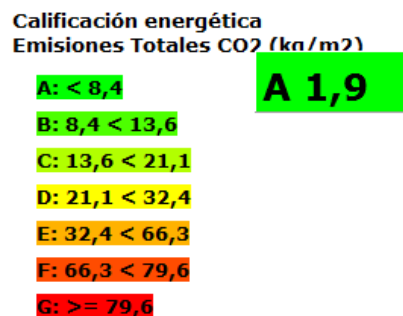


FIGURA 45. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA TRÁS LA APLICACIÓN DE TODAS LAS MEDIDAS (CERMA)

A través del programa CE3X, la calificación energética obtenida de las viviendas es de A (1,7), valor muy positivo en cuanto a la forma de consumo de energía de la edificación, Figura 46.

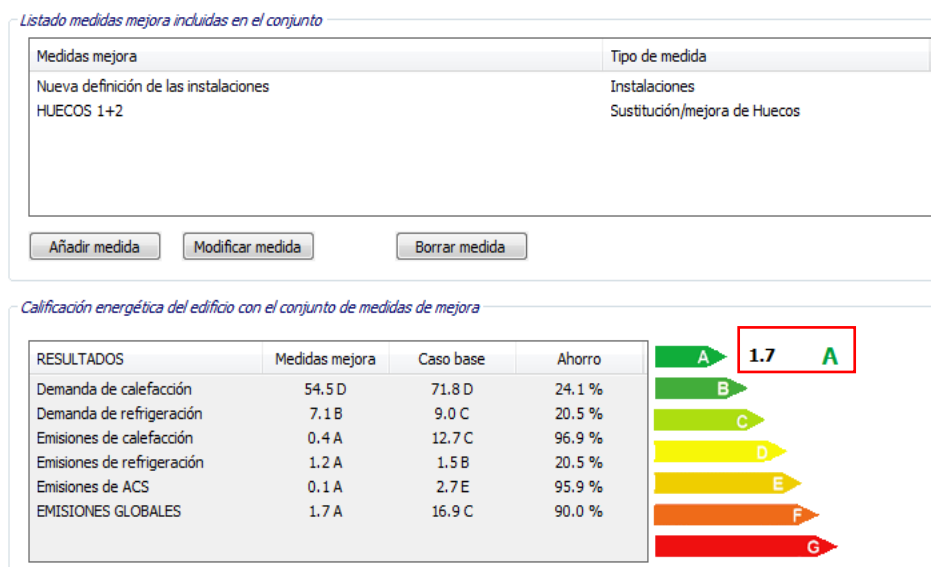


FIGURA 46. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA TRÁS LA APLICACIÓN DE TODAS LAS MEDIDAS (CE3X)

4.7.2 Análisis económico CE3X

Al igual que en los casos anteriores, no solo es factible evaluar esta última medida desde el punto de vista técnico también es muy importante y necesario realizar el análisis económico, obteniendo valores como los años de amortización y el valor VAN (Figuras 47 y 48).

	Medida de mejora	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)
1	HUECOS 1+2	Medida 1	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000
2	Nuevas Instalaciones	Medida 3.	Instalaciones	20	45000
3	Nuevas Instalaciones	Medida 1 + 3.	Instalaciones	20	45000
4	HUECOS 1+2	Medida 1 + 3.	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000
5	Nuevas Instalaciones	Medida 4.	Instalaciones	20	5000
6	Nuevas Instalaciones	Medida 1+3+4.	Instalaciones	20	55000
7	HUECOS 1+2	Medida 1+3+4.	Sustitución/mejora de Huecos	40	20000

FIGURA 47. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA COMBINACIÓN DE TODAS LAS MEDIDAS (CE3X)

	Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	Medida 1			37.5	15630.7
2	Medida 3.			19.6	12571.2
3	Medida 1 + 3.			58.6	17653.4
4	Medida 4.			6.3	15550.9
5	Medida 1+3+4.			65.4	3073.5

FIGURA 48. RESULTADO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO (CE3X)

En lo que se refiere por lo tanto a la combinación de la medida 1+3+4, los valores económicos obtenidos se exponen a continuación.

- Posee una amortización teórica de unos 65 años, es decir después de este se terminará la deuda o coste asociado a la implementación de esta medida, pasado este tiempo se reflejarán las ganancias económicas al usuario final.
- El Valor Actual Neto (VAN) teórico es de 3073,5 €, este valor nos indica el valor o coste (capital + interés), originados por la inversión generada en esta mejora. Si el valor se encuentra por encima de cero, la inversión producirá beneficio, por lo que desde el punto económico esta inversión puede ser aceptable.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos tras la aplicación de forma conjunta de las medidas de eficiencia energética número 1, 3 y 4; es decir llevando a cabo cambios en los huecos y ventanas, cambiando la caldera de Gas Natural por Biomasa e instalando paneles solares térmicos para satisfacer parte de la demanda de ACS, los beneficios generados en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de fuentes de energías primarias no renovables son mucho mayores que al aplicar estas medidas por separado. Obteniendo una calificación final de la vivienda de A (1,7).

Este informe nos indica algunos datos interesantes desde el punto de vista económico en lo que se refiere a la implementación de forma combinada todas las medidas seleccionadas (Anexo XII).

5 RESULTADOS

Como resultado a todos los análisis tanto técnicos como económicos realizados a lo largo del desarrollo del presente proyecto, se presenta a continuación una tabla comparativa, Tabla 20, de los valores obtenidos tras aplicar cada mejora de eficiencia energética propuesta:

- Medida 1, Instalar en las ventanas PVC de 3 cámaras, en vez del PVC de dos cámaras instalado y vidrio doble bajo emisivo <0.03 ; se incorpora doble vidrio en cada una de las ventanas.
- Medida 2, Aumentar el grosor del aislamiento en muros, suelo y cubierta.
- Medida 3, Instalar una caldera de Biomasa.
- Combinación de las medidas 1 y 3.
- Medida 4, Satisfacer parte de la demanda de calefacción y ACS por parte de paneles solares planos, energía solar térmica.
- Combinación de las medidas 1,3 y 4.

TABLA 20. TABLA COMPARATIVA CON RESPECTO A LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Calificación energética de la vivienda						
	Sin medidas	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 1+3	Medida 4	Medida 1+3+4
CERMA	C (14,8)	B (12,8)	C (13,8)	A (2,7)	A (2,5)	B (12,7)	A (1,9)
CE3X	C (16,9)	B (13,5)	—	A (2,6)	A (2,1)	B (11,8)	A (1,7)

Creación propia

Los ahorros generados según CERMA tras la aplicación de las medidas 1, 3 y 1+3 de eficiencia energética se muestran a continuación, Figura 49. Pasando de una calificación C (14,8) a A (2,5).

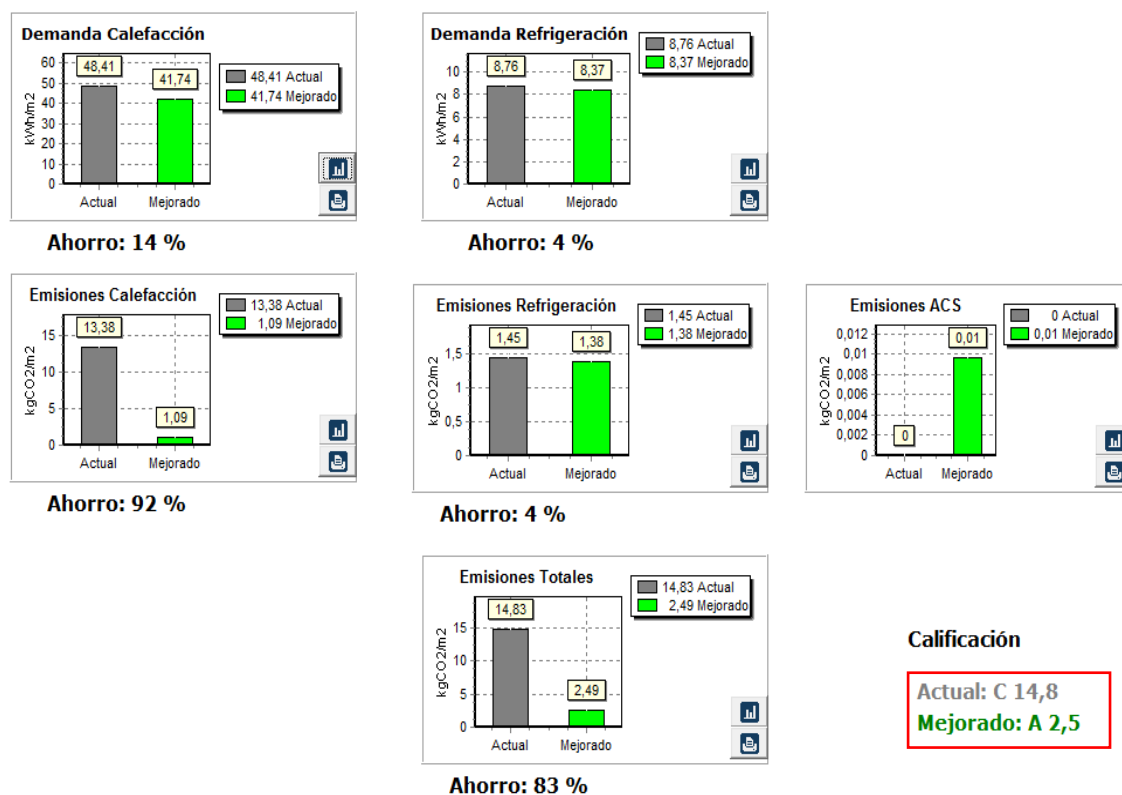


FIGURA 49. AHORROS GENERADOS TRÁS LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS (CERMA)

Posteriormente, tras la aplicación únicamente de la medida 4, incorporación de paneles solares, los ahorros generados según CERMA son los siguientes, pasando de una certificación C (14,8) a B (12,7), Figura 50.

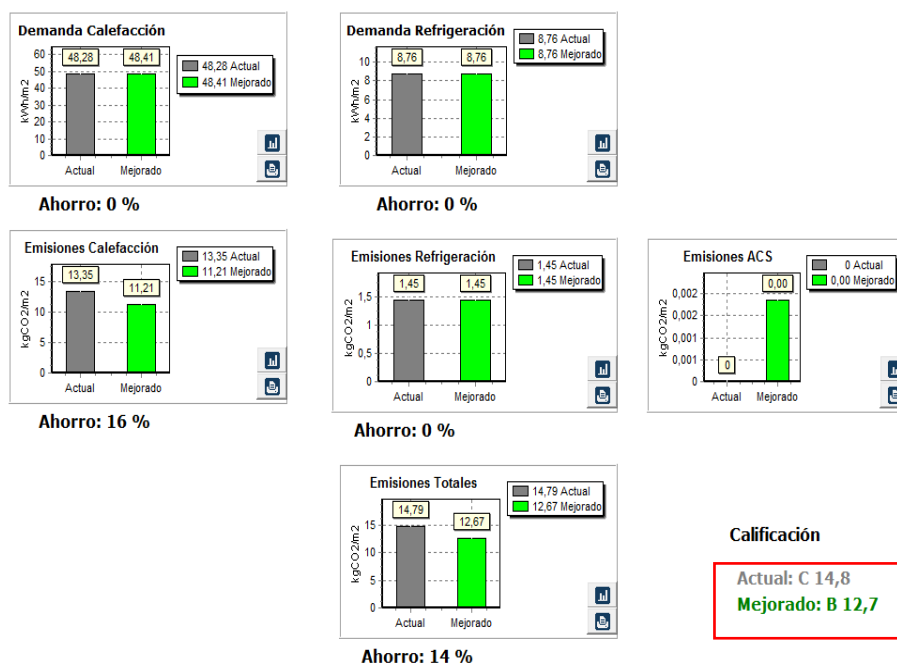


FIGURA 50. AHORROS GENERADOS TRÁS LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA 4 (CERMA)

En último lugar la combinación de todas las medidas seleccionadas es decir, la medida 1+3+4, genera según CERMA una serie de ahorros. Pasando de una certificación C (14,8) a A (1,9), Figura 51.

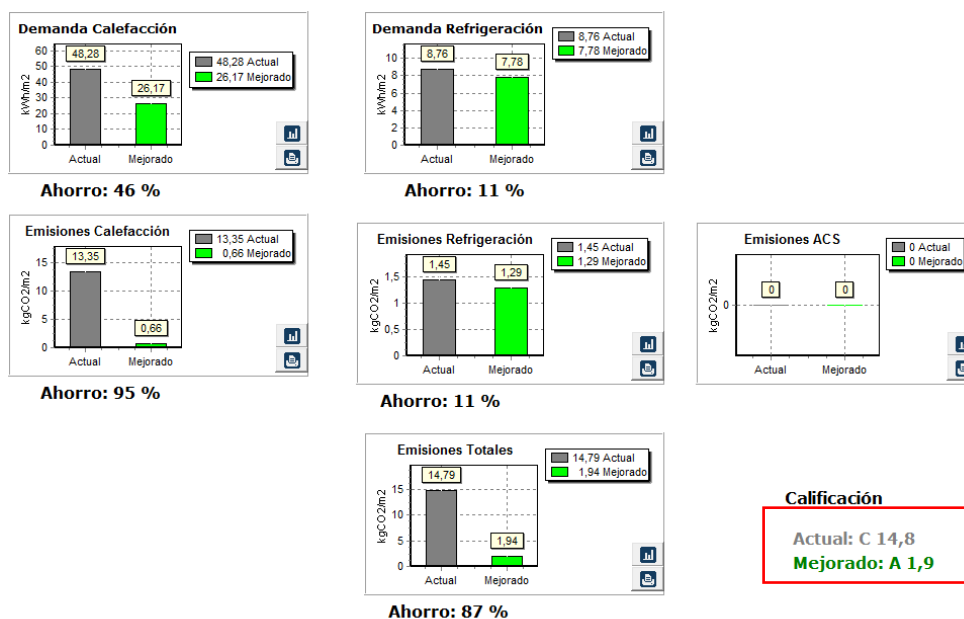


FIGURA 51. AHORROS GENERADOS TRÁS LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS 1+3+4 (CERMA)

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	71.8 D	9.0 C	12.7 C	1.5 B	2.7 E	16.9 C	-
Medida 1	54.5 D	7.1 B	9.7 C	1.2 A	2.7 E	13.5 B	19.9%
Medida 3	71.8 D	9.0 C	0.9 A	1.5 B	0.3 A	2.6 A	84.5%
Medida 1 + 3	54.5 D	7.1 B	0.7 A	1.2 A	0.3 A	2.1 A	87.5%
Medida 4	71.8 D	9.0 C	8.4 B	1.5 B	1.9 D	11.8 B	30.5%
Medida 1+3+4	54.5 D	7.1 B	0.4 A	1.2 A	0.1 A	1.7 A	90.0%

FIGURA 52. AHORROS GENERADOS POR LAS DIFERENTES MEDIDAS (CE3X)

La Figura 52, representa los ahorros que genera cada medida en el edificio objeto de estudio mediante la aplicación informática CE3X, consiguiendo unos ahorros del 90% aplicando de forma combinada la medida 1, 3 y 4.

Una vez realizados los análisis sobre las medidas de mejora de eficiencia energética, cabe destacar la viabilidad desde el punto de **vista técnico** de la combinación de la medida **1, 3 y 4**, modificación de huecos junto con la instalación de una caldera de Biomasa y paneles solares térmicos, ya que se trata de la medida de mejora de eficiencia energética que mayores beneficios aporta a la vivienda atendiendo a su calificación energética, es decir al modo en el que la vivienda consume la energía, pasando de una calificación inicial de C a una calificación energética final de A.

Esta medida genera una gran disminución en el porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero, como en este caso el CO₂. Solucionando por lo tanto, el gran problema actual del Cambio climático, estas medidas son bastante recomendables ya que son amigables con el medio ambiente. A su vez, en el caso de la introducción de paneles solares para producción de energía térmica, se obtienen grandes porcentajes de ahorro energético derivados de la demanda de calefacción y ACS de la edificación. Por todo ello esta, desde mi punto de vista es la mejor alternativa desde el punto de vista técnico.

Cabe destacar, la importancia del cumplimiento del CTE en su documento básico HE1, ya que tras la aplicación de las mejoras de eficiencia energética elegidas, en este caso la medida 1, la edificación cumple con todos los valores de transmitancia térmica máximos establecidos por este, ya que en un primer momento la edificación no cumplía con los valores establecido para los huecos y ventanas.

Una vez analizadas las medidas desde el punto de vista técnico, no se puede dejar de lado en análisis económico de estas medidas, ya que el objetivo final de toda mejora es generar un beneficio al usuario final. Es decir, no siempre la mejor opción desde el punto de vista técnico lo es desde el punto de vista económico, ya que en este caso, la medida 1+3+4 conlleva grandes inversiones de dinero. Cabe destacar la viabilidad de todas las medidas, ya que poseen un valor (VAN) positivo por encima de cero. (Figura 40).

Para la **valoración económica** de estas medidas de eficiencia energética propuestas, se tienen en cuenta los valores expuestos en la Figura 44, adjunta en el apartado anterior, donde se recogen los precios aproximados de cada una de las medidas elegidas de eficiencia energética. La mejor medida desde el punto de vista económico resulta ser la **medida 4** ya que obtiene el menor periodo de amortización, de unos 6 años.

6 CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio de la eficiencia energética del bloque de tres viviendas y realizadas las pertinentes modificaciones tanto en la envolvente como en las instalaciones, se puede concluir que el objetivo principal propuesto en el presente proyecto se cumple, mejorando así la calificación energética del edificio caso de estudio. Los objetivos específicos del trabajo fueron planteados de la siguiente manera:

- Caracterizar y evaluar los diferentes componentes y elementos que conforman el edificio objeto de estudio. Atendiendo a los diferentes materiales constructivos de los que está formada la envolvente del edificio, los sistemas de calefacción, refrigeración etc., empleados.

El primer objetivo se ha cumplido realizando las visitas pertinentes a la edificación junto con el análisis de los informes disponibles de esta. Recopilando los máximos datos posibles referentes a los materiales de la envolvente, los diferentes equipos presentes, la ubicación del edificio, entre otros.

- Calificar la vivienda objeto de estudio basándonos en los softwares de certificación oficiales permitidos por el MINETUR, obteniendo una clase energética de eficiencia, que varía desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Este objetivo queda resuelto, mediante la utilización de forma combinada de dos de los programas informáticos oficiales aportados por el MINETUR, en este caso CERMA junto con CE3X. Tanto CERMA como CE3X han permitido generar la clase energética a la que pertenecen las viviendas, obteniendo una calificación energética C.

- Una vez obtenida la calificación energética del edificio, proponer una serie de propuestas de mejora de eficiencia energética a aplicar. Analizar técnica y económicamente las propuestas de mejora, para evaluar la rentabilidad de la aplicación de estas.

En este caso al igual que el objetivo anterior, ha quedado cumplido mediante la utilización combinada de las aplicaciones informáticas CERMA y CE3X. En este caso CERMA, ha sido la aplicación elegida para proponer las medidas de mejora de eficiencia energética, valorando y analizando estas desde el punto de vista técnico. Una vez identificadas las mejoras viables técnicamente según CERMA, mediante el programa CE3X, han quedado valoradas estas desde el punto de vista económico. Resultando ser todas las medidas de eficiencia energética elegidas viables tanto técnico como económicamente a excepción de la medida 2, aumento del aislamiento de la vivienda.

- Aplicar una medida de eficiencia energética basada en la instalación solar térmica para ACS. Analizar de forma técnica y económica esta, de igual modo que las propuestas anteriores.

El último objetivo se cumplió calculando en primer lugar la demanda de ACS necesaria en las viviendas, la superficie de captación necesaria para satisfacer esta, el número de captadores y el volumen necesario del depósito de acumulación. Tras estos cálculos y mediante los programas CERMA y CE3X, resultó ser viable tanto técnico como económicamente al igual que el resto de medidas elegidas. Consiguiendo una Calificación energética de C a B, pero generando sin embargo, menor beneficios que la combinación de la medida 1+3, dado que hay energías renovables alternativas como la Biomasa que ofrecen mejores soluciones energéticamente hablando.

- Realizar en último lugar, un análisis comparativo tanto económico como técnico de todas las alternativas de eficiencia energética seleccionadas.

Tras los resultados obtenidos, se planteó una última alternativa, consistente en combinar las medidas 1+3+4 resultando ser la más recomendable desde el punto de vista técnico mejorando la calificación energética de las viviendas, pasando de C a A. Sin embargo, desde el punto de vista económico no lo es tanto, ya que supone unos altos costes. Desde este punto de vista la más rentable es la medida 4 por separado.

La hipótesis planteada se cumple, ya que, realizando la evaluación, análisis y ejecución de mejoras de eficiencia energética elegidas, se evidencia la viabilidad técnica y económica de estas y el cumplimiento en todo momento de la legislación de eficiencia energética en la edificación, mejorando de esta manera su calificación energética; consumiendo de manera correcta la energía primaria y reduciendo así la generación de Gases de Efecto Invernadero como el CO₂.

7 LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La mayor dificultad o limitación encontrada durante el desarrollo del proyecto ha sido conseguir los datos de la edificación objeto de estudio, tanto de los materiales constructivos de la envolvente como de los diferentes equipos instalados en esta; al igual que las facturas de esta.

Por otro lado, en cuanto a los trabajos futuros:

Como se ha visto en el presente proyecto la Biomasa es una importante alternativa, resultando ser en este caso, la que supone unos mayores beneficios energéticamente hablando; resultando ser los paneles solares menos beneficiosos. Por todo ello y tras combinar la medida 1+3+4, los ahorros obtenidos tanto en emisiones como consumo de energía son de entorno al 90%, por lo que este proyecto puede servir de ejemplo a seguir en las futuras edificaciones; realizando mayores inversiones en cuanto a mejorar la eficiencia energética a nivel residencial.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Estatal de Meteorología, AEMET. (s.f.). Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT. Recuperado el 12 de Enero del 2018 de http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

Arquitectura+acero. (s.f.). *Eficiencia energética en la edificación*. Recuperado el 16 de Octubre de 2017 de <http://www.arquitecturaenacero.org/sustentable/eficiencia-energetica-en-la-edificacion>

Arroyo, L. J., Cabal, H., Collell, C. M., Breva, G. J. y Marzo, M. (2011, 01 de Septiembre), Sostenibilidad energética. *Ambienta*. Número 96.

ARTEAL. (s.f.). *¿Qué es un vidrio bajo emisivo?*. Recuperado el 22 de Diciembre de http://www.artéal.es/i/pdf_series/Preguntas%20frecuentes%20-%20Todo%20sobre%20el%20vidrio.pdf

Artese, C., Schenone, G. & Bartolelli, V. (s.f.). *Calderas de biomasa para sistemas de calefacción doméstica- Proyecto RES & RUE Dissemination*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017 de <http://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/5%20biomasa.htm>

Asociación Española de Normalización y Certificación (2017). *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Ahorro de Energía (CTE-DB-HE)*. Madrid: Ministerio de Fomento. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017 de <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf>

Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Cantabria, COATCAN. (2013). *Guía para la eficiencia energética de edificios residenciales*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017 de <http://www.coaatcan.com/certificacionenergetica/pdf/GUIA.pdf>

Comunidad de Madrid. (2006). Dirección general de industrias, energía y minas de la Comunidad de Madrid. *Guía práctica de sistemas automáticos de calefacción con biomasa en edificios y viviendas*. Recuperado el 22 de Diciembre de www.madrid.org.

Comunidad de Madrid. (2010). Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas. Madrid.

Comunidad de Madrid. (2011). Guía el estándar Passivehouse. Edificios de consumo energético casi nulo. Madrid.

Comunidad de Madrid. (2012). Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética. Madrid.

CYPE Ingenieros, S.A. (2018). Caldera para la combustión de pellets. Recuperado el 2 de Febrero del 2018 de http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=4|0_0_0_1_0|1|ICQ015|icq_015:c8_0_5c38_0_1c4_0_1_0_1c6_0_1_0_0_1_0_0_1c3_0_1c3_0

DEUMAN (2005). *Desarrollo de un Instrumento para el Fortalecimiento de la Operación del Mecanismo de Desarrollo Limpio en Chile para Proyectos del Sector Energía*. Recuperado el 22 de Diciembre de [dehttp://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/CNE/Desarrollo%20de%20un%20Instrumento%20para%20el%20Fortalecimiento%20de%20la%20Operaci%C3%B3n%20del%20Mecanismo%20de%20Desarrollo%20Limpio%20en%20Chile%20para%20Proyectos%20del%20Sector%20Energ%C3%ADa.pdf](http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/CNE/Desarrollo%20de%20un%20Instrumento%20para%20el%20Fortalecimiento%20de%20la%20Operaci%C3%B3n%20del%20Mecanismo%20de%20Desarrollo%20Limpio%20en%20Chile%20para%20Proyectos%20del%20Sector%20Energ%C3%ADa.pdf)

Domusa, (2009). *Inter acumuladores, SANIT 100-250 / SANIT GR*. Recuperado el 18 de Diciembre del 2017 de <http://gasfriocalor.com/images/CARMEN/sanit-100-250.pdf>

Endesa, S.A. (2017). *Precio de la electricidad a tiempo real*. Recuperado el 22 de Diciembre de <https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>

Ferroli. (s.f.). *Funcionamiento y mantenimiento de las calderas de biomasa*. Recuperado el 15 de Diciembre en <https://www.ferroli.es/blog/funcionamiento-y-mantenimiento-de-las-calderas-de-biomasa/>

Fundación CONAMA. (2014). *Mitigación y adaptación en el sector agrario*. Recuperado el 15 de Diciembre en http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014//GTs%202014/1_final.pdf

González de la Peña, P. (2007). Manual práctico del DB HE1 "limitación de la demanda energética". Barcelona, ES: Ediciones Experiencia.

Google Maps. (2018). *Fotografía del inmueble objeto de estudio*. Recuperado el 2 de Enero del 2018 de <https://www.google.ca/maps/place/Calle+de+Villablanca,+19,+28032+Madrid/@40.4082962,-3.606235,104m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd4225668881045f0x9794c08ad8cca381!8m2!3d40.40848!4d-3.60594>

Iglesias, P.A. (2014). *Análisis de las demandas energéticas en edificación evaluación de las posibles mejoras en la envolvente*. (Trabajo Fin de Máster). Universidade da Coruña, La Coruña. Recuperada el 16 de Noviembre de 2017 de http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14215/ParcerolIglesias_Alejandro_TFM_2014.pdf?sequence=2

Ingemecánica (2016). Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.). Recuperado el 18 de Diciembre de 2017 de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2007). *Biomasa-Producción eléctrica y cogeneración*.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2009). *Guía técnica de Instalaciones de Biomasa térmica en edificios*. Recuperado el 22 de Diciembre de http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas/Guia_Instalaciones_Biomasa.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Térmica-Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. Recuperado el 16 de Enero del 2018 de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_a3c5aa42.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2011). *Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017 de http://www.minetad.gob.es/energia/es-ES/Novedades/Documents/PAAEE2011_2020.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2012). *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017 de http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3/Manual_usuario%20CE3_PROVISIONAL.pdf

Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, IDAE. (2013). *Calificación energética de edificios*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2017 de <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/calificacion-energetica-de-edificios>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2015). *Estado de la certificación energética de los edificios datos CCAA*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Recuperado El 30 de Noviembre del 2017 de <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documents/Documents/Informe-seguimiento-certificacion-energetica-V2.pdf>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2015). *Manual de usuario para la Herramienta Unificada Lider Calener*. Madrid: Ministerio de industria, energía y turismo. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017 de <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/lidercalener/ManualDeUsuarioHULC-20151221.pdf>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2015). *Manual de usuario CERMA v.4.0*. Madrid: Ministerio de industria, energía y turismo. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017 de http://www.atecyr.org/eATECYR/cermaV4/Manual%20de%20usuario_CERMA_4_1.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2015). *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017 de http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (2015). *Calificación de la eficiencia energética de los edificios*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2017 de <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/20150728%20-%20Calificaci%C3%B3n%20de%20la%20eficiencia%20energ%C3%A9tica%20de%20los%20edificios.pdf>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (s.f). *Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017 de file:///C:/Users/Paco/Downloads/documentos_Resumen_PER_2011-2020_15f3dad6.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE. (s.f). *Consumos del Sector Residencial en España Resumen de Información Básica*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017 de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf

Instituto Universitario de Investigación Mixto, CIRCE. (2015). *Eficiencia Energética en la Edificación*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017 de https://www.fcirce.es/static/Master_Edificacion-15-16-Baja.pdf

International Business School, CEREM. (2015). *Optimización energética Objetivo 20-20-20*. Recuperado el 15 de Octubre de 2017 de <https://www.cerem.es/blog/optimizacion-energetica-objetivo-20-20-20>

ISOVER. (2014). *Aislamiento de fachadas- Soluciones ISOVER para Obra Nueva y Rehabilitación*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017 en <https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/aislamiento-fachadas-isover.pdf>

Junkers. (2017). Captadores solares TOP, Soluciones con Energía Solar Junkers. Recuperado el 18 de Diciembre del 2017 de https://www.junkers.es/usuario_final/productos/categoria_productos_8768

Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de *Ordenación de la Edificación*. Boletín Oficial del Estado núm. 266, de 6 de noviembre de 1999, páginas 38925 a 38934.

MINETUR. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2011). *La energía en España 2011*. Madrid: SAFEKAT,S.L.

MINETUR. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2012). *La energía en España 2012*. Madrid: SAFEKAT,S.L.

Ministerio de Hacienda y Función Pública. (2018). *Sede electrónica del Catastro*. Recuperado el 12 de Enero del 2018 de <http://www.sedecatastro.gob.es/>

MSVentanas. (2017). *Perfiles de ventana PVC*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017 de http://www.msventanas.es/consejos/evolucion_de_perfiles_pvc

Mundoenergías Agencias. (2002). *Efectos, causas y soluciones del cambio climático*. Disponible en web en <http://www.mundoenergia.com/2002/10/21/efectos-causas-soluciones-cambio-climatico/>

OnVentanas. (2014). *Cámaras en los perfiles de PVC*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017 en <https://www.onventanas.com/numero-camaras-perfiles-pvc/>

Portal Vivienda. (2009). *Proceso de adjudicación de viviendas del Instituto de la Vivienda de Madrid*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2017 de <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Contentdisposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3DCMDe001906.pdf&blobheadervalue2=language%3Des%26site%3DPortalVivienda&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1352818993031&ssbinary=true>

Proveedora a la Industria y Construcción, PROINCO S.A. (2017). *Etiqueta energética*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017 de <http://blog.proinco.es/entender-la-etiqueta-energetica-del-aire-acondicionado/>

PROYECTO SECH-SPAHOUSEC, Secretaría General Departamento de Planificación y Estudios, IDAE. (2011). *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2017 de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, *Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*. Boletín Oficial del Estado, núm. 89, de 13 de Abril del 2013, páginas 27548 a 27562.

Real Decreto 56/2016 de 12 de Febrero de *Eficiencia energética*. Boletín Oficial del Estado, núm.38, de 13 de Febrero del 2016, páginas 11655 a 11681.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba *el Código Técnico de la Edificación*. Boletín Oficial del Estado, 18 de marzo de 2006, núm. 74, pp. 11816 a11831.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba *el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*. Boletín Oficial del Estado, de 29 de agosto de 2007, núm. 207, pp. 35931 a 35984.

RITE. (2007). *Reglamento Instalaciones Térmicas en los Edificios*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Ministerio de la Vivienda. Recuperado el 22 de Diciembre de <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>.

Ruá, M.J. & López-Mesa, B. (2012). *Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2017 de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2180/2488>

Turismo Sostenible. (2009). G.E.I. *Gases de Efecto Invernadero y Cambio climático*. Disponible en web en <http://turismo-sostenible.org/blog/2009/08/20/g-e-i-gases-de-efecto-invernadero-y-cambio-climatico/>

United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC. (2014). *Protocolo de Kyoto*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017 de http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php

World Wildlife Fund, WWF. (2016) *El Informe Planeta Vivo, Riesgo y resiliencia en el Antropoceno*. Disponible en web en http://awsassets.wwf.es/downloads/informeplanetavivo_2016.pdf?_ga=2.233943198.1093062874.1509455805-1750702380.1509455805

9 ANEXOS

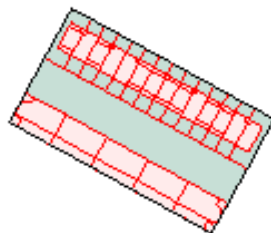
9.1 Anexo I. Datos catastrales

Vivienda planta 1:

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral	8634521VK4783D0033GM	
Localización	CL VILLABLANCA 19 28032 MADRID (MADRID)	Pl:01
Clase	Urbano	
Uso principal	Residencial	
Superficie construida 	97 m ²	
Año construcción	1995	

PARCELA CATASTRAL

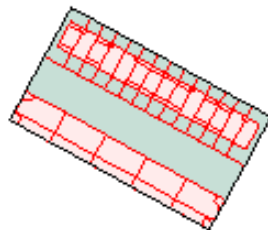


Parcela con varios inmuebles (division horizontal)

Localización	CL VILLABLANCA 19 MADRID (MADRID)
Superficie gráfica	3.561 m ²
Participación del inmueble	1,460000 %

Vivienda planta 2:**DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE**

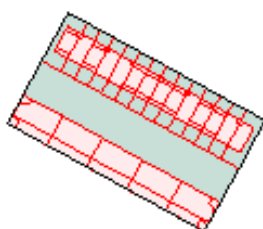
Referencia catastral	8634521VK4783D0035JW	
Localización	CL VILLABLANCA 19 28032 MADRID (MADRID)	PI:02
Clase	Urbano	
Uso principal	Residencial	
Superficie construida 	97 m ²	
Año construcción	1995	

PARCELA CATASTRAL**Parcela con varios inmuebles (division horizontal)**

Localización	CL VILLABLANCA 19 MADRID (MADRID)
Superficie gráfica	3.561 m ²
Participación del inmueble	1,460000 %

Vivienda planta 3:**DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE**

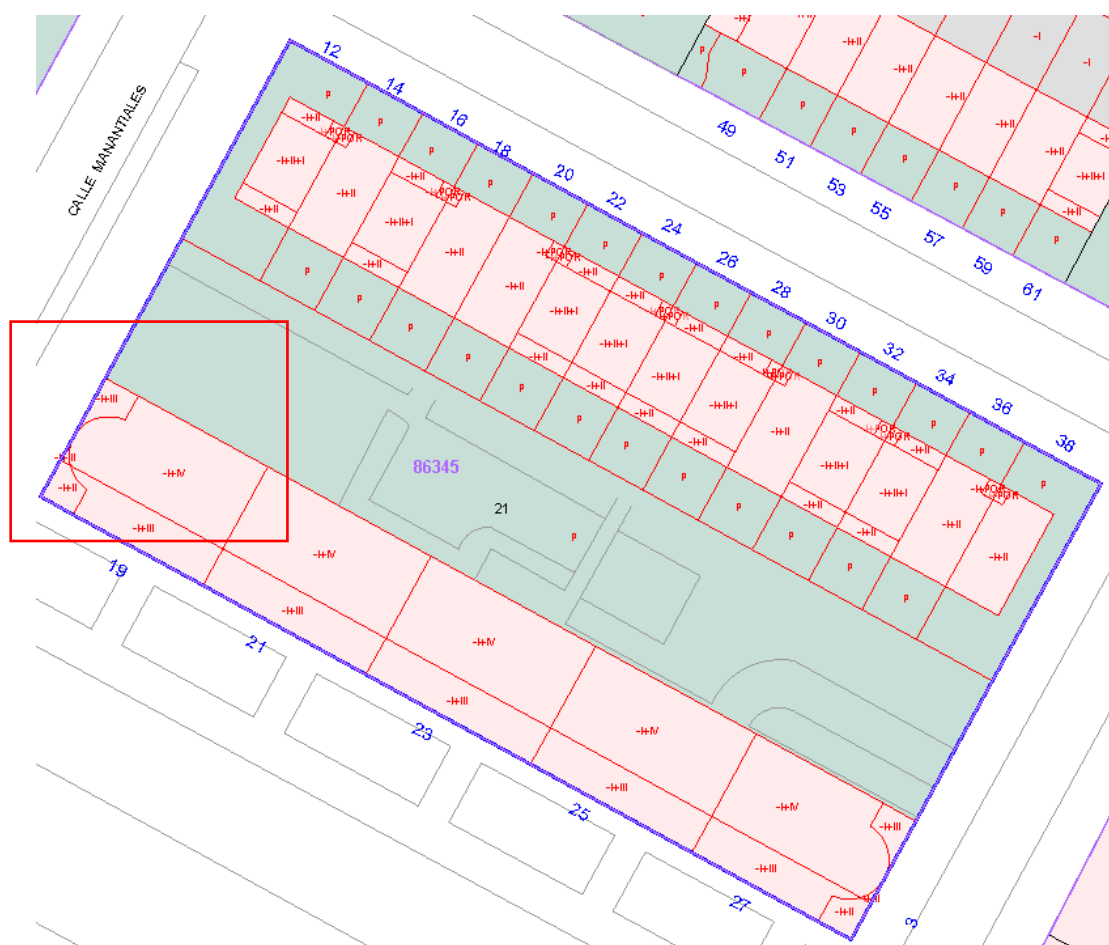
Referencia catastral	8634521VK4783D0038BT	
Localización	CL VILLABLANCA 19 28032 MADRID (MADRID)	Pl:03
Clase	Urbano	
Uso principal	Residencial	
Superficie construida 	97 m ²	
Año construcción	1995	

PARCELA CATASTRAL

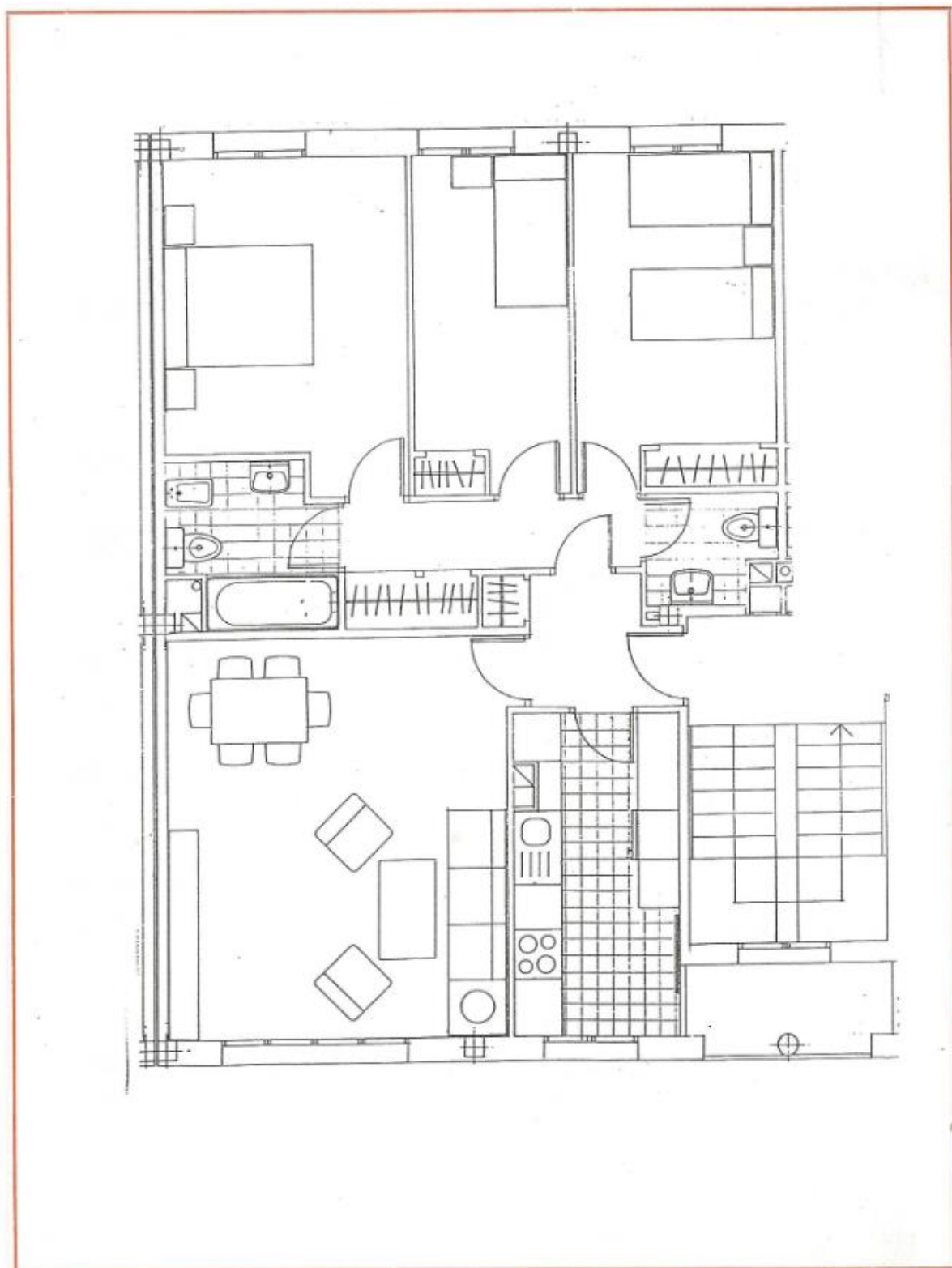
Parcela con varios inmuebles (division horizontal)

Localización	CL VILLABLANCA 19 MADRID (MADRID)
Superficie gráfica	3.561 m ²
Participación del inmueble	1,400000 %

Vista de la parcela objeto de estudio:



9.2 Anexo II. Plano de la vivienda



9.3 Anexo III. Características constructivas de la vivienda

Características generales de la edificación

Tipo de edificio		Generales		Clase de higrometría	
Viviendas en Bloque		Volumen total (m3)	600,0	☒ 3 (55%) ☐ 4 (62%) ☐ 5 (70%)	
Número de plantas		Suelo habitable (m2)	291,0		
sobre rasante					
bajo rasante					

Ayuda cálculo nº de renovaciones (CTE-HS3)	
Tipo A	
espacios secos	
nº dormitorios dobles (>8* m2)	3
nº dormitorios sencillo (>6* m2)	6
nº de estar-comedor (>16* m2)	3
espacios húmedos	
nº de cuartos de baño	6
Superficie cocina * (m2)	30,0

*Superficie recintos sin incluir espacio para almacenamiento

Características de los Huecos de la edificación

▪ Grupo 1

Nombre Grupo_1

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones

OD 0,00 m
OB 0,00 m
Alto 1,00 m
Ancho 2,00 m
Retranqueo 0,00 m

Tipo
☒ Ventana
☐ Puerta
☐ Lucernario

Estudio sombra

Nº Huecos Grupo

Ventana N...	6	
Ventana O...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana SO..	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana S...	9	✓ Asignar/Sombra
Ventana SE..	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana E...	0	✓ Asignar/Sombra

árbol Orientación-Grupo

- Edificio (18)
 - Norte (6)
 - Grupo_1 (6)
 - Sur (9)
 - Grupo_1 (9)
 - Este (3)
 - Grupo_2 (3)

Vidrio
 Dobles 4-6-4 U vidrio (W/m2K) 3,30 Factor solar (tanto por uno) 0,75

Marco
 PVC DOS cámaras U marco (W/m2K) 2,20 Fracc.marco (%) 10

Global Hueco
 U hueco (W/m2K) 3,19 Factor solar hueco 0,68
 Valores máximos (CTE-HE1) ☒ Copiar propiedades

Permeabilidad (m3/hm2) con $\Delta P=100\text{Pa}$ 50 Se facilita la permeabilidad

Sombras elementos fijos Toldos Caso A opacos 45°

Modificador general **Caja persianas** ☒ Existe ☐ No existe

	Verano	Invierno
Factor solar	1,00	1,00
U	1,00	1,00

Altura caja persianas (m) 0,25
 U (W/m2K) 2 cm aislamiento 1,30
 Infiltración (m3/hm) $\Delta P=10\text{Pa}$ Estanco 0,00

■ Grupo 2

Nombre Grupo_2

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones

Tipo

☒ Ventana
☐ Puerta
☐ Lucernario

Estudio sombra

Nº Huecos Grupo

Ventana N...	0	
Ventana O...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana SO...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana S...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana SE...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana E...	3	✓ Asignar/Sombra

árbol Orientación-Grupo

- Edificio (18)
 - Norte (6)
 - Grupo_1 (6)
 - Sur (9)
 - Grupo_1 (9)
 - Este (3)
 - Grupo_2 (3)

Vidrio

Monolíticos 661a U vidrio (W/m2K) 5,40 Factor solar (tanto por uno) 0,85

Marco

PVC DOS cámaras U marco (W/m2K) 2,20 Fracc.marco (%) 10

Global Hueco

U hueco (W/m2K) 5,08 Factor solar hueco 0,77

Valores máximos (CTE-HE1)

✓ Copiar propiedades

Permeabilidad (m3/hm2) con $\Delta P=100\text{Pa}$ 27 Se facilita la permeabilidad

Sombras elementos fijos Sin elementos fijos

Modificador general

Caja persianas ☐ Existe ☒ No existe

Verano Invierno

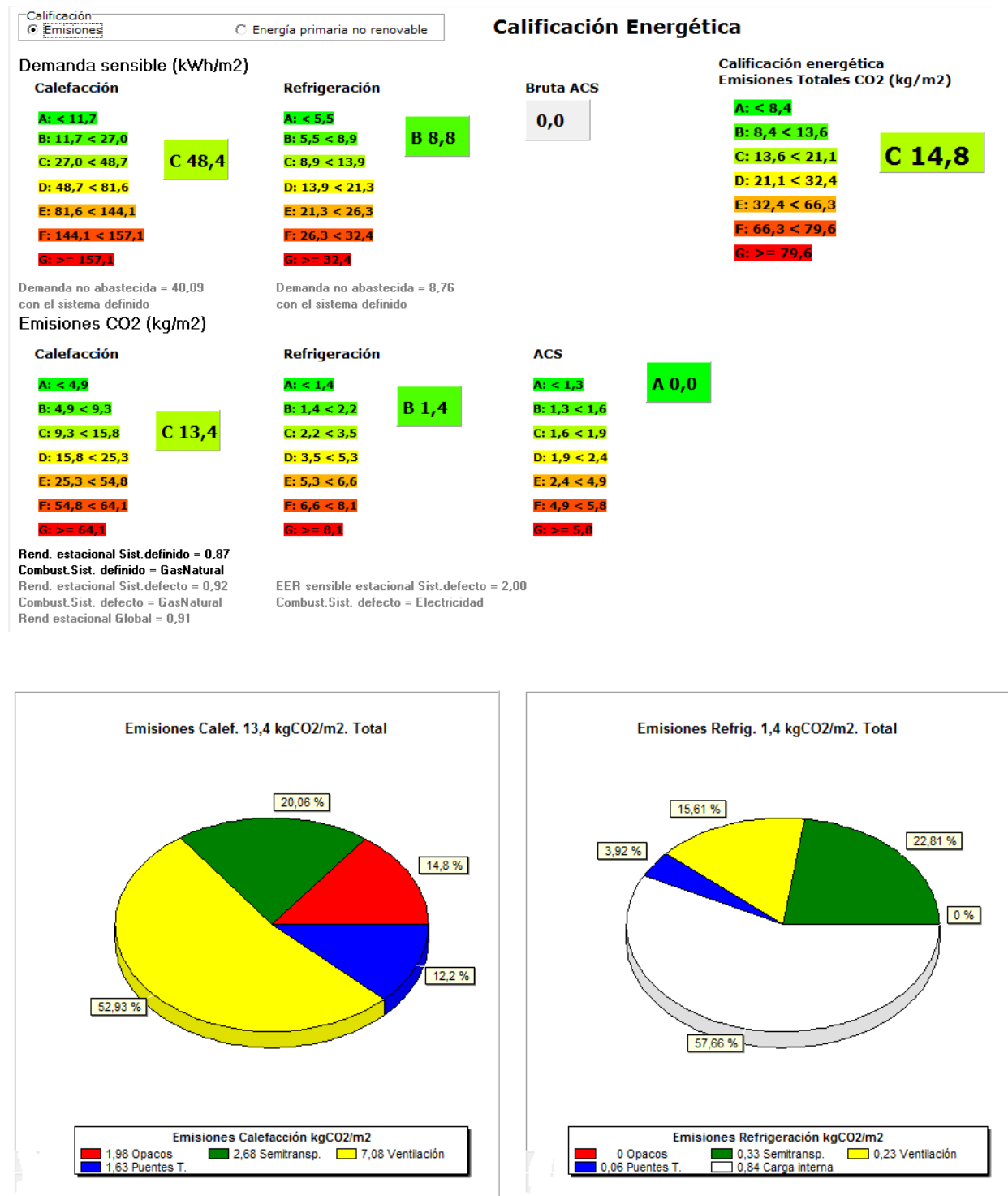
Factor solar	1,00	1,00
U	1,00	1,00

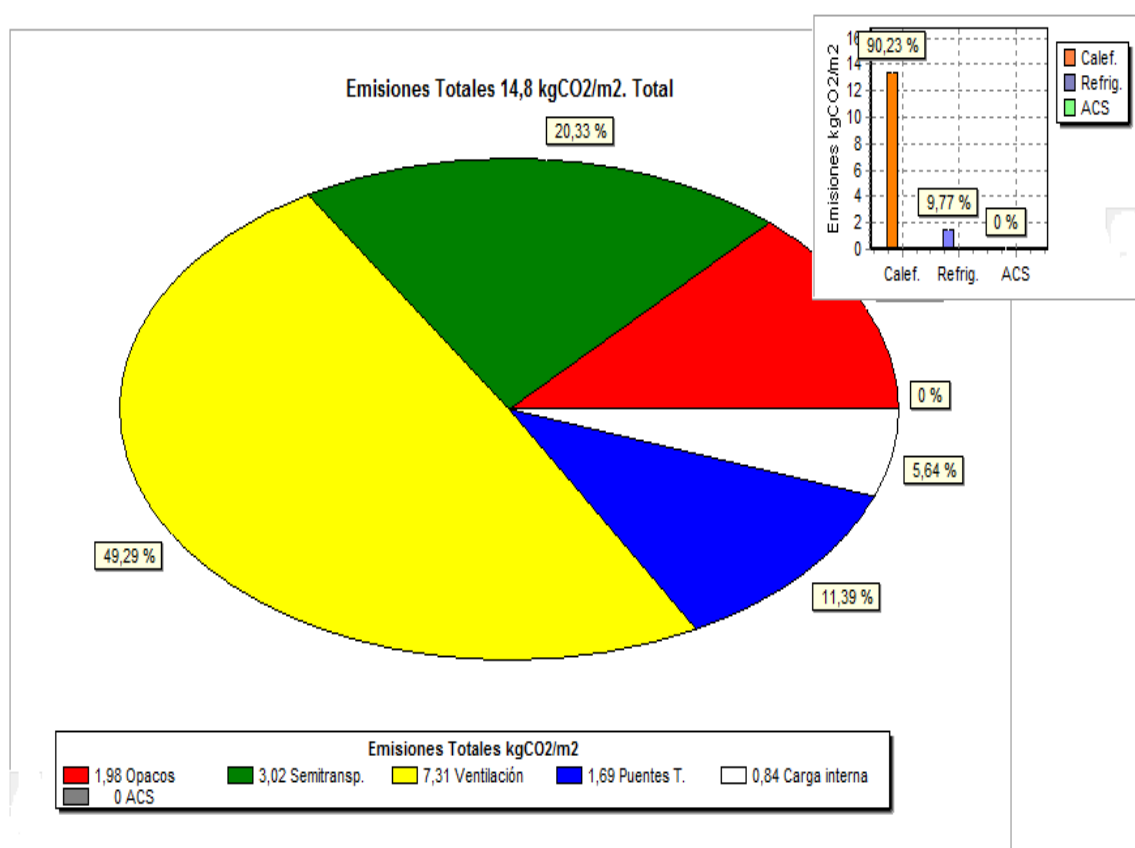
Características de los equipos de la edificación

Servicio		Suelo acondicionado por servicio (m2) (con equipos)	
Nombre ACS+Calef	Tipo de servicio ☐ Calefacción + Refrigeración ☐ Refrigeración ☐ Calefacción ☐ ACS ☒ ACS + Calefacción	ACS+Calefacción	
Equipos Mixto de ACS + Calefacción		Sistemas	
Nº equipos 1		Edificio ☐ ACS+Calef 50,00/50,00/-- 1 Cal.conven. 121,0 kW GasNatural 90,00%	
☒ Multizona por agua (radiadores)			
Tipo de caldera ☐ Caldera baja temperatura ☐ Caldera condensación ☐ Caldera de biomasa ☒ Caldera convencional ☐ Bomba calor aire-agua ☐ Termo eléctrico ☐ Rend. estacional conocido	Tipo combustible ☒ Gas Natural ☐ Gasóleo_C ☐ Fuel-oil ☐ GLP ☐ Carbón		
Acumulación ☐ Con ☒ Sin			
Datos de cada caldera		Temp. Impulsión ACS (°C) Calef.(°C)	
Pot. calorífica nominal (kW)	121,00	50	80
Rendimiento nominal (%)	90		
Otras instalaciones (sólo modificable desde el edificio)			
Recuperador aire ventilación ☐ Existe ☒ No existe			
Instalación fotovoltaica ☐ Existe ☒ No existe			
		Condiciones nominales equipos	
		Equivalencia prestaciones nominales, prestaciones estacionales	

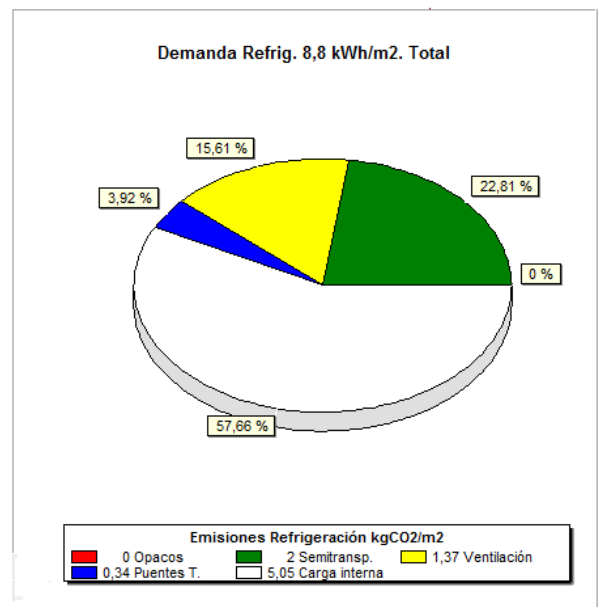
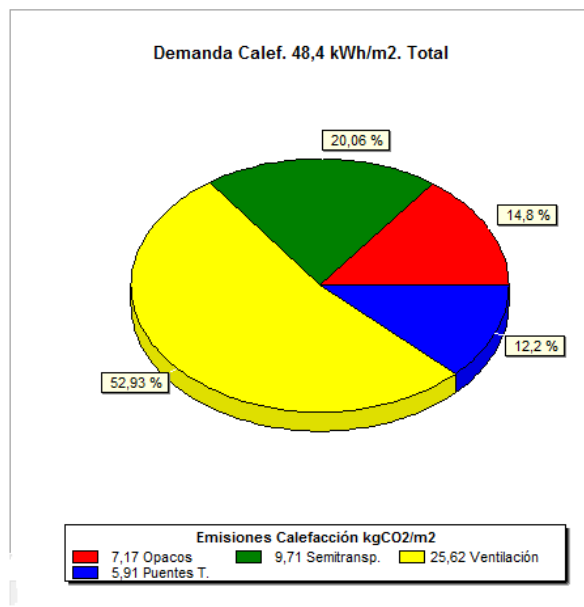
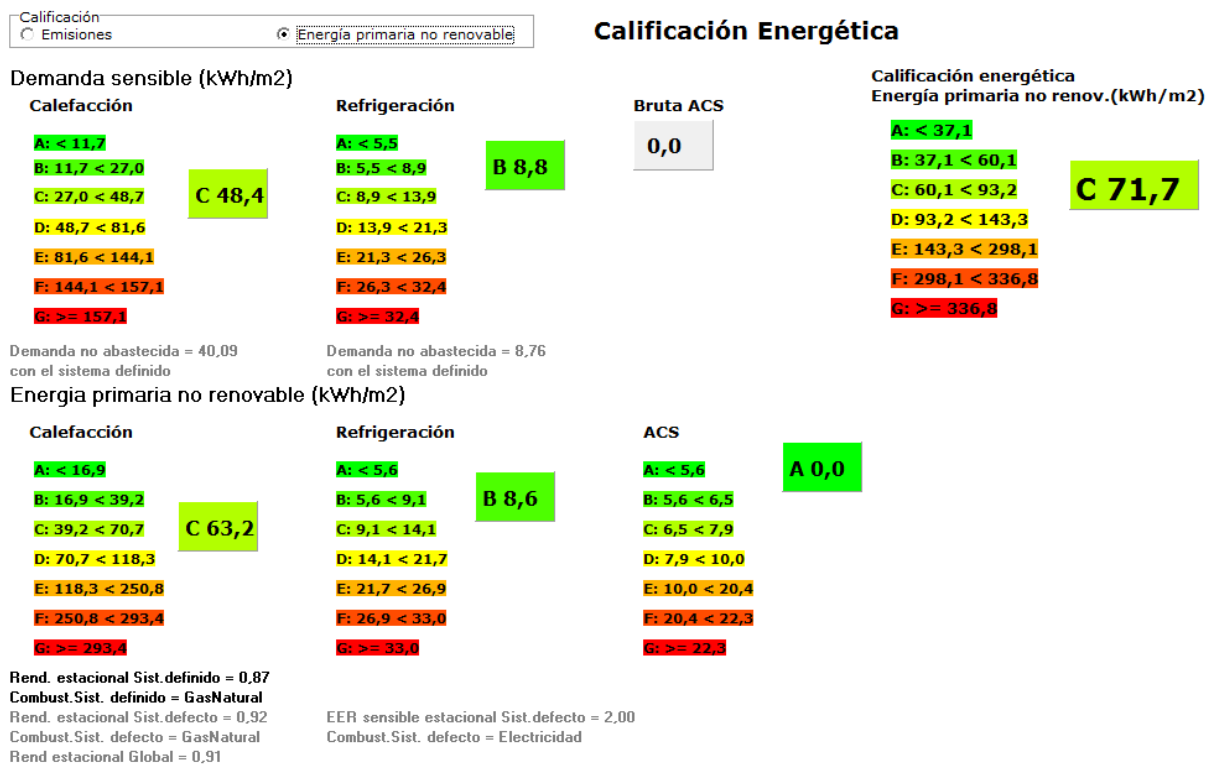
9.4 Anexo IV. Calificación energética de la edificación

Calificación energética emisiones totales de CO₂ (kg/m²)





Calificación energética uso de energía primaria no renovable (kWh/m²)



9.5 Anexo V. Mejora 2 de eficiencia energética. Huecos

Nuevas características de los huecos

→ Grupo 1

Nombre Grupo_1

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones

Tipo
☒ Ventana
☐ Puerta
☐ Lucernario

Estudio sombra

Vidrio
 Dob.bajo emisivo <0.03 4-6-4 U vidrio (W/m2K) 2,50 Factor solar (tanto por uno) 0,70

Marco
 PVC TRES cámaras U marco (W/m2K) 1,80 Fracc.marco (%) 10

Global Hueco
 U hueco (W/m2K) 2,43 Factor solar hueco 0,64
 Valores máximos (CTE-HE1)
☒ Copiar propiedades

Permeabilidad (m3/hm2) con $\Delta P=100\text{Pa}$ Doble Ventana

Sombras elementos fijos Toldos Caso A opacos 45°

Modificador general

Caja persianas ☒ Existe ☐ No existe

Verano Invierno
 Factor solar 1,00 1,00
 U 1,00 1,00

Altura caja persianas (m) 0,25
 U (W/m2K) 2 cm aislamiento 1,30
 Infiltración (m3/hm) $\Delta P=10\text{Pa}$ Estanco 0,00

Nº Huecos Grupo

Ventana N...	6	
Ventana O...	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana SO..	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana S...	9	☒ Asignar/Sombra
Ventana SE..	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana E...	0	☒ Asignar/Sombra

árbol Orientación-Grupo

- Edificio (18)
 - Norte (6)
 - Grupo_1 (6)
 - Sur (9)
 - Grupo_1 (9)
 - Este (3)
 - Grupo_2 (3)

→ Grupo 2

Nombre Grupo_2

Valores máximos (CTE-HE1)
evitar descompensaciones

Dimensiones

Tipo
☒ Ventana
☐ Puerta
☐ Lucernario

Estudio sombra

Vidrio
 Dob.bajo emisivo <0.03 4-6-4 U vidrio (W/m2K) 2,50 Factor solar (tanto por uno) 0,70

Marco
 PVC TRES cámaras U marco (W/m2K) 1,80 Fracc.marco (%) 10

Global Hueco
 U hueco (W/m2K) 2,43 Factor solar hueco 0,64
 Valores máximos (CTE-HE1)
☒ Copiar propiedades

Permeabilidad (m3/hm2 con ΔP=100Pa) Doble Ventana

Sombras elementos fijos Sin elementos fijos

Modificador general

Caja persianas ☐ Existe ☒ No existe

Verano Invierno
 Factor solar 1,00 1,00
 U 1,00 1,00

Nº Huecos Grupo

Ventana N...	0	
Ventana O...	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana SO..	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana S...	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana SE..	0	☒ Asignar/Sombra
Ventana E...	3	☒ Asignar/Sombra

árbol Orientación-Grupo

Edificio (18)

- Norte (6)
 - Grupo_1 (6)
- Sur (9)
 - Grupo_1 (9)
- Este (3)
 - Grupo_2 (3)

9.7 Anexo VI. Medida 3 de eficiencia energética. Caldera de Biomasa_Pellets

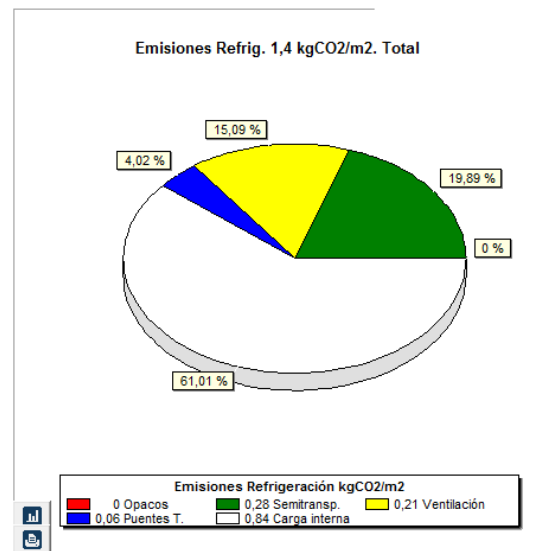
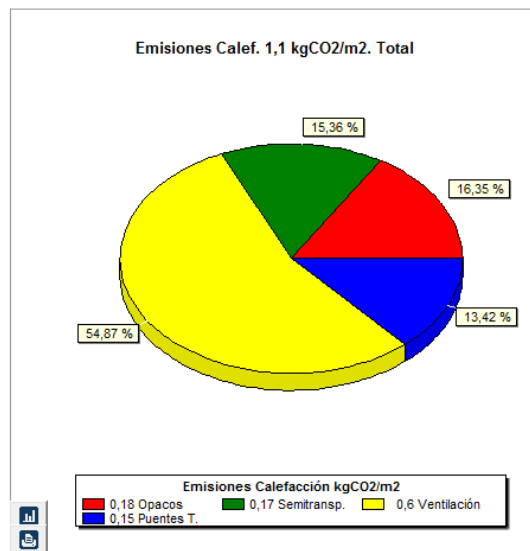
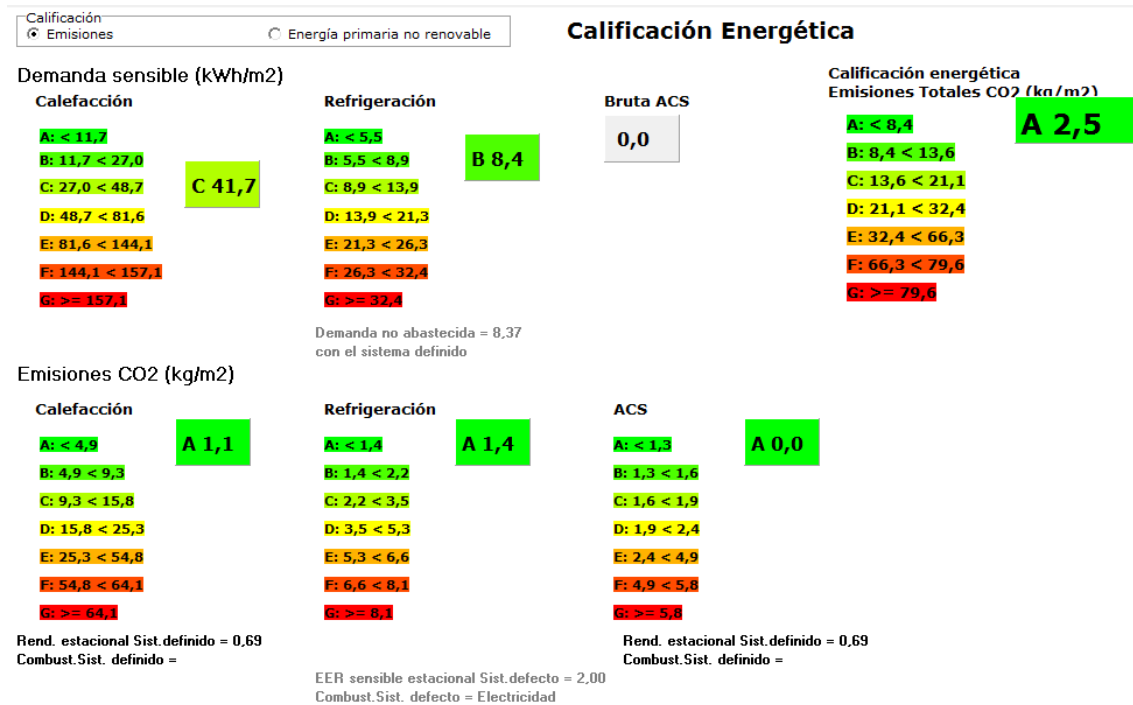
Servicio Nombre ACS+Calef		Tipo de servicio ☐ Calefacción + Refrigeración ☐ Refrigeración ☐ Calefacción ☐ ACS ☒ ACS + Calefacción	Suelo acondicionado por servicio (m2) (con equipos) ACS+Calefacción 291,00
--	--	---	---

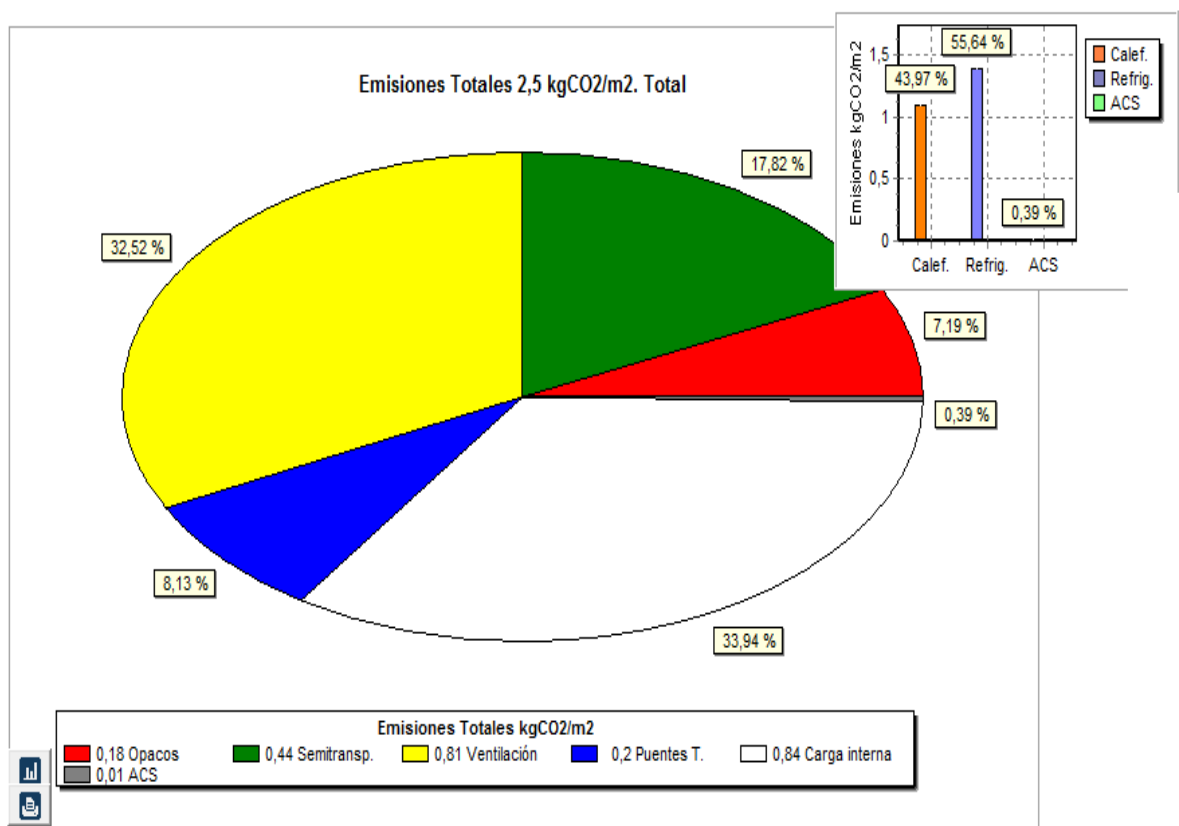
Equipos Mixto de ACS + Calefacción Nº equipos 1 ☒ Multizona por agua (radiadores)			Sistemas - Edificio - ACS+Calef 291,00/291,00/-- 1 Cal biomasa 121,0 kW Biomasa_Pellet 95,00%
Tipo de caldera ☐ Caldera baja temperatura ☐ Caldera condensación ☒ Caldera de biomasa ☐ Caldera convencional ☐ Bomba calor aire-agua ☐ Termo eléctrico ☐ Rend. estacional conocido	Tipo combustible ☒ Biomasa_Pellet ☐ Biomasa_Otros		
Datos de cada caldera Pot. calorífica nominal (kW) 121,00 Rendimiento nominal (%) 95		Acumulación ☒ Con ☐ Sin Volumen UA (W/K) (litros) 250 1,00 Temp. consigna alta (°C) 80 baja (°C) 60	Temp. Impulsión ACS (°C) 50 Calef.(°C) 80

Otras instalaciones (sólo modificable desde el edificio) Recuperador aire ventilación ☐ Existe ☒ No existe		Condiciones nominales equipos Equivalencia prestaciones nominales, prestaciones estacionales
Instalación fotovoltaica ☐ Existe ☒ No existe		

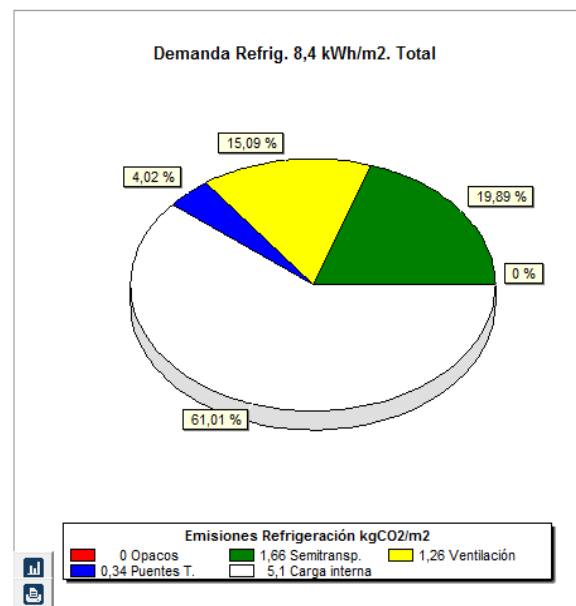
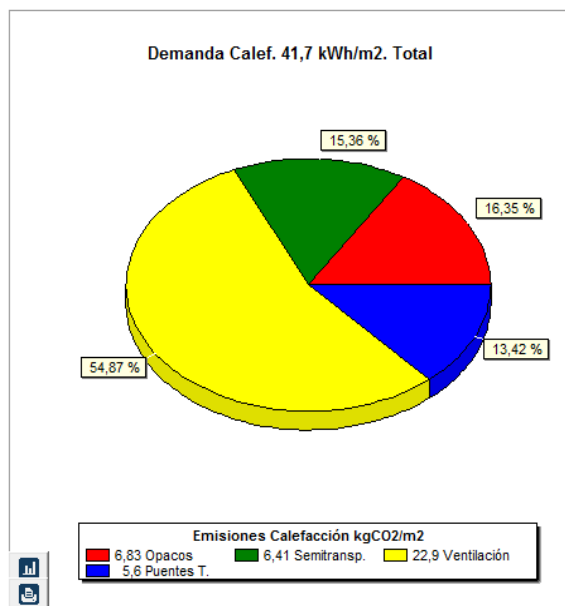
9.8 Anexo VII. Nueva calificación energética tras las mejoras.

Calificación energética emisiones totales de CO₂ (kg/m²)





Calificación energética uso de energía primaria no renovable (kwh/m2)



9.9 Anexo VIII. Calificación y mejoras CE3X

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Bloque de 3 pisos		
Dirección	C/villablanca 19		
Municipio	Madrid	Código Postal	28032
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1995
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	8834521VK4783D0033GM		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

☐ Edificio de nueva construcción	☒ Edificio Existente
☒ Vivienda ☐ Unifamiliar ☒ Bloque ☒ Bloque completo ☐ Vivienda individual	☐ Terciario ☐ Edificio completo ☐ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Estela Alonso	NIF(NIE)	52900032D
Razón social	Técnico	NIF	010258974
Domicilio	C/villablanca 19		
Municipio	Madrid	Código Postal	28032
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
e-mail:	estelaalonso22@gmail.com	Teléfono	659095062
Titulación habilitante según normativa vigente	Técnico Medio Ambiente		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m² año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/02/2018

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	291.0
Imagen del edificio	Plano de situación
	

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
	16.9 C	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	C	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	E		
		12.73		2.69			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	B	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
				1.49		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	1.49	432.88
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	15.42	4488.64

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
437.1A 37.1-46.1B 60.1-83.2C 83.2-143.5D 143.5-298.1E 298.1-336.8F ≥ 336.8G	81.6 C	CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m².año]	C	Energía primaria ACS [kWh/m².año]	E		
		60.13		12.71			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m².año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m².año]	B	Energía primaria iluminación [kWh/m².año]	-
				8.78		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
< 11.7 A 11.7-27.8 B 27.8-48.7 C 48.7-81.8 D 81.8-144.1 E 144.1-187.1 F ≥ 187.1 G	71.8 D	< 8.5 A 8.5-13.9 B 13.9-21.3 C 21.3-26.3 D 26.3-32.4 E ≥ 32.4 F ≥ 32.4 G	9.0 C
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

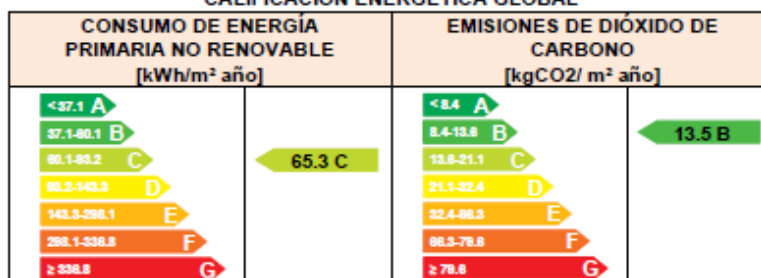
El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Fecha 04/02/2018
Ref. Catastral 8634521VK4783D0033GM

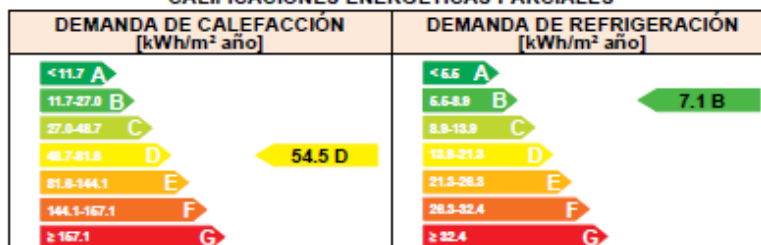
ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Medida 1

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	38.35	24.1%	3.57	20.5%	10.68	0.0%	-	-%	52.61	19.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	45.64	C 24.1%	6.98	B 20.5%	12.71	E 0.0%	-	-%	65.33	C 20.0%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	9.66	C 24.1%	1.18	A 20.5%	2.69	E 0.0%	-	-%	13.54	B 19.9%
Demanda [kWh/m² año]	54.52	D 24.1%	7.14	B 20.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

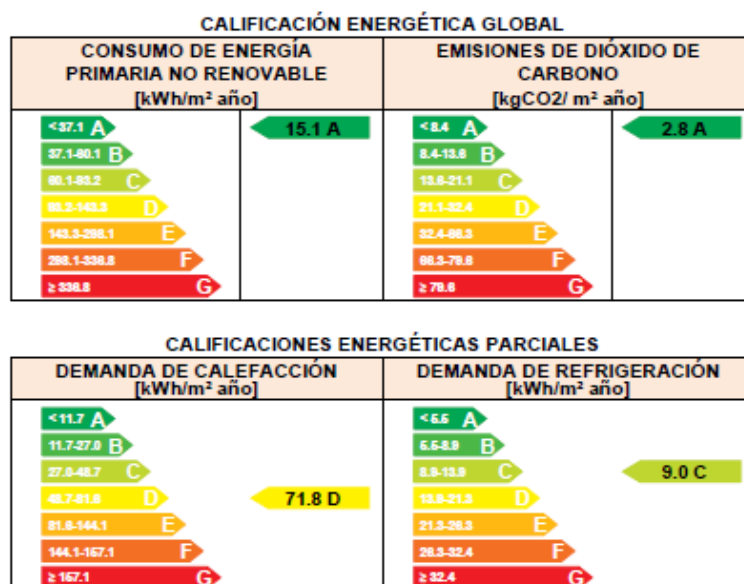
Coste estimado de la medida

20000.0 €

Otros datos de interés

ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Medida 3.



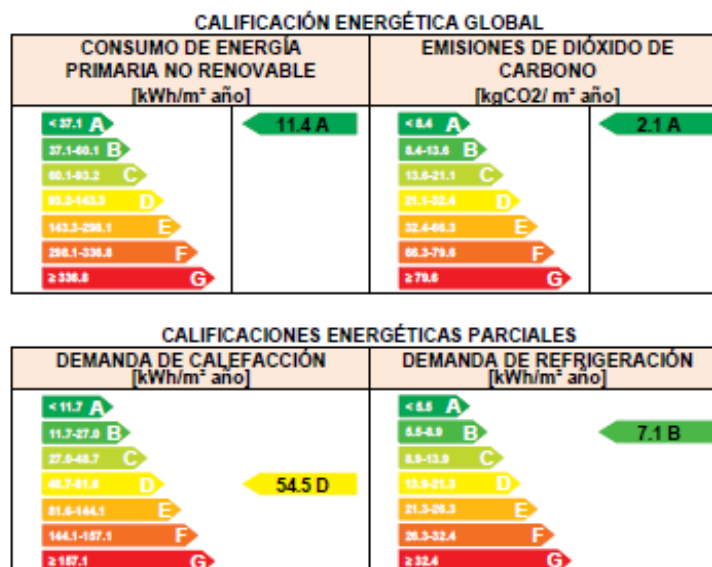
ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	55.26	-9.4%	4.49	0.0%	18.98	-77.7%	-	-%	78.73	-19.8%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	4.70	A 92.2%	8.78	B 0.0%	1.61	A 87.3%	-	-%	15.09	A 81.5%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	0.99	A 92.2%	1.49	B 0.0%	0.34	A 87.3%	-	-%	2.82	A 83.3%
Demanda [kWh/m² año]	71.83	D 0.0%	8.99	C 0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida 45000.0 €
Otros datos de interés

Medida 1 + 3



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	36.35	28.1%	3.57	20.5%	15.19	-42.2%	-	-%	55.11	16.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.09	A 94.9%	6.98	B 20.5%	1.29	A 89.8%	-	-%	11.36	A 86.1%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	0.65	A 94.9%	1.18	A 20.5%	0.27	A 89.8%	-	-%	2.11	A 87.5%
Demanda [kWh/m² año]	54.52	D 24.1%	7.14	B 20.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Coste estimado de la medida

60000.0 €

Otros datos de interés

ANEXO IV
PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL
TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	04/02/2018
--	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

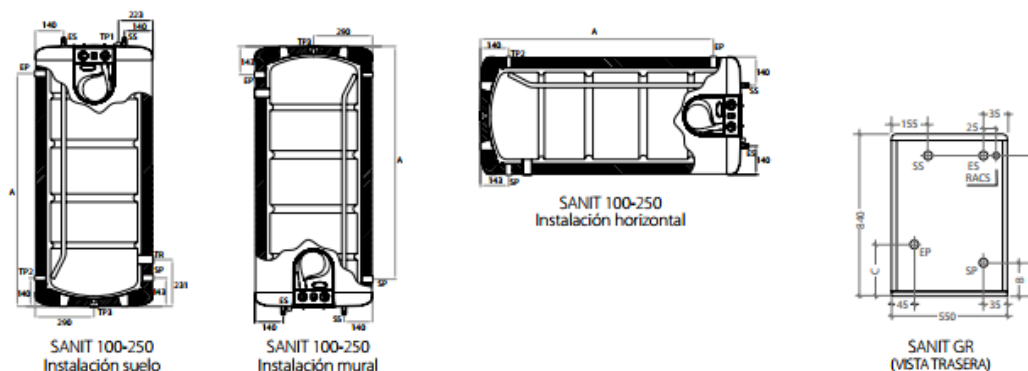
9.10 Anexo IX. Captador solar plano-ficha técnica

	Captadores Excellence	
MODELO	FKT-2 S	FKT-2 W
Montaje	Vertical	Horizontal
Dimensiones (mm)	1175x2170x87	2170x1175x87
Área total (m ²)	2,55	2,55
Área de apertura (m ²)	2,426	2,426
Área del absorbedor (m ²)	2,23	2,23
Volumen del absorbedor (l)	1,6	1,96
Peso en vacío (kg)	44	45
Presión trabajo máx. (bar)	10	10
Caudal nominal (l/h)	50	50
Material de la caja	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor	Lana mineral, de 55 mm. de espesor
Absorbedor	Selectivo	Selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD	PVD
Circuito hidráulico	Doble serpentín	Doble serpentín
Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)		
Factor de eficiencia n ₀	0,794	0,802
Coef. pérdidas línea (W/m ² K)	3,863	3,833
Coef. pérdidas secundaria (W/m ² K ²)	0,013	0,015

9.11 Anexo X. Acumulador

MODELOS		SANIT GR 100	SANIT GR 130	SANIT 100	SANIT 150	SANIT 200	SANIT 250
Características							
Instalación		Suelo	Suelo	Suelo mural horizontal	Suelo mural horizontal	Suelo mural horizontal	Suelo mural horizontal
Volumen total (L)		100	130	100	150	200	250
Temperatura máx. de acumulación (°C)		90	90	90	90	90	90
Presión máxima de trabajo acumulador (bar)		7	7	7	7	7	7
Temperatura máx. de primario (°C)		110	110	110	110	110	110
Presión máxima de trabajo primario (bar)		3	3	3	3	3	3
Funcionamiento							
Caudal continuo l/h D 30°	Qp 1 m³/h	602	655	602	766	844	930
	Qp 3 m³/h	745	798	745	825	942	1038
	Qp 5 m³/h	831	882	831	944	1046	1143
Caudal punta l/10 min D 30°	Qp 1 m³/h	266	325	266	378	474	571
	Qp 3 m³/h	290	349	290	388	490	589
	Qp 5 m³/h	305	363	305	407	507	607
Caudal hasta 1 hora l/h D 30°	Qp 1 m³/h	702	785	702	916	1044	1180
	Qp 3 m³/h	845	928	845	975	1142	1288
	Qp 5 m³/h	931	1012	931	1094	1246	1393
Potencia transmitida kW	Qp 1 m³/h	21	23	21	27	29	3
	Qp 3 m³/h	26	28	26	29	33	36
	Qp 5 m³/h	29	31	29	33	36	40
Clase eficiencia ACS		C					

DIMENSIONES



DIMENSIONES

Modelo	A	B	C	D	E	F	Toma purgador TP1	Toma purgador TP2	Toma purgador TP3	Dimensión de la base	Altura	Retorno	Entrada agua fría	Salida agua caliente	Entrada/salida primario	Toma de resistencia
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Ø	Ø	Ø	mm	mm	RACS Ø	ES Ø	SS Ø	EP/SP Ø	R Ø
SANIT GR 100	650	115	250	-	-	-	-	-	-	550 x 600	840	1/2" M	3/4" M	3/4" M	-	-
SANIT GR 130	740	105	340	-	-	-	-	-	-	550 x 600	840	1/2" M	3/4" M	3/4" M	-	-
SANIT 100	611	-	-	-	-	-	3/8" H	3/8" H	3/8" H	Ø 581	748	-	3/4" M	3/4" M	1" H	11/4" H
SANIT 150	891	-	-	-	-	-	3/8" H	3/8" H	3/8" H	Ø 581	1.028	-	3/4" M	3/4" M	1" H	11/4" H
SANIT 200	1.191	-	-	-	-	-	3/8" H	3/8" H	3/8" H	Ø 581	1.328	-	3/4" M	3/4" M	1" H	11/4" H
SANIT 250	1.491	-	-	-	-	-	3/8" H	-	-	Ø 581	1.628	-	3/4" M	3/4" M	1" H	11/4" H

EQUIPAMIENTO

SANIT GR	SANIT	KIT HIDRÁULICO S 200
Bomba de primario	Termómetro	Manguitos dieléctricos
Termómetro	Termostato regulable	Grupo de seguridad
Termostato regulable	Interruptor marcha/paro	Vaso de expansión 5 L.
Interruptor marcha/paro		
Purgador automático		
Válvula de retención		
Manguitos dieléctricos		
Grupo de seguridad		

OPCIONES

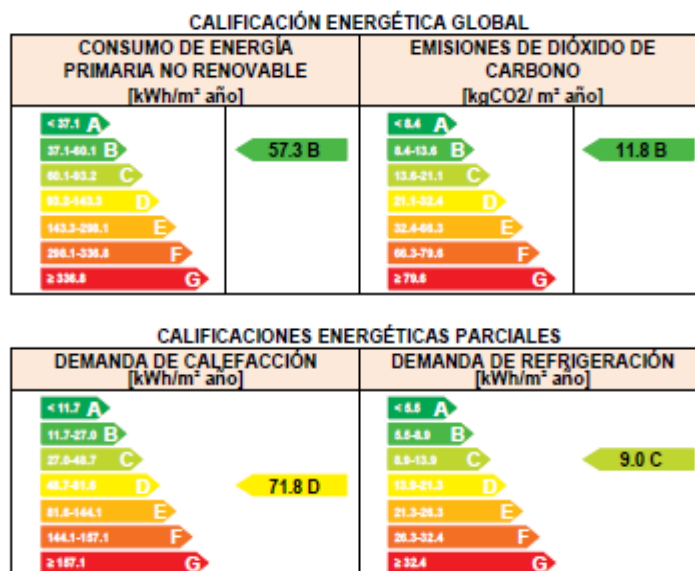
Modelo	SANIT GR	SANIT 100 / 150 / 200	SANIT 250
Resistencia 1,5 kW / 2,5 kW / 3,5 kW	SI	SI	SI
Kit hidráulico S200	-	SI	-
Vaso de expansión ACS	SI	-	-
Protección catódica	SI	SI	SI
Soporte mural	-	SI	-
Tapa elíptica con toma de resistencia	-	SI	-

CLASE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ACS

Modelos	SANIT 100		SANIT 150		SANIT 200		SANIT 250	
	Clase de eficiencia energética ACS	Perfil ACS	Clase de eficiencia energética ACS	Perfil ACS	Clase de eficiencia energética ACS	Perfil ACS	Clase de eficiencia energética ACS	Perfil ACS
EVOLUTION HFC		XXL		XXL		XXL		XXL
EVOLUTION HAC								
SIRENA CAL H								
SIRENA CAL HFD								
JAKA HFD								
BIOCLASS NG								
LIGNUM IB								

9.12 Anexo XI. Calificación de la mejora 4 CE3X

Medida 4



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	33.15	34.4%	4.49	0.0%	7.59	28.9%	-	-%	45.24	31.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	39.45 C	34.4%	8.78 B	0.0%	9.04 D	28.9%	-	-%	57.27 B	29.8%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	8.35 B	34.4%	1.49 B	0.0%	1.91 D	28.9%	-	-%	11.75 B	30.5%
Demanda [kWh/m² año]	71.83 D	0.0%	8.99 C	0.0%						

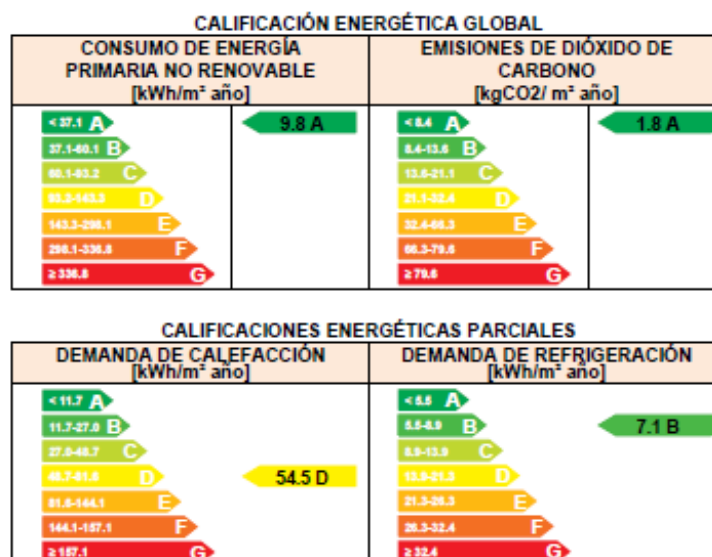
Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida 5000.0 €
Otros datos de interés

9.13 Anexo XII. Calificación de la combinación de las mejoras 1+3+4 CE3X

ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Medida 1+3+4.



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	25.17	50.2%	3.57	20.5%	7.59	28.9%	-	-%	36.33	44.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	2.14	A 96.4%	6.98	B 20.5%	0.65	A 94.9%	-	-%	9.76	A 88.0%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	0.45	A 96.4%	1.18	A 20.5%	0.14	A 94.9%	-	-%	1.77	A 89.5%
Demanda [kWh/m² año]	54.52	D 24.1%	7.14	B 20.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida 75000.0 €
Otros datos de interés