
Calificación energética en edificio residencial. Análisis de propuestas de mejora

03 jul. 14

AUTOR:

ANTONIO NAVARRO INIESTA

TUTOR ACADÉMICO:

Antonio García Laespada.

Termodinámica Aplicada



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València

Resumen

Resumen

La modificación del sector de la vivienda puede poner en valor una necesaria rehabilitación energética de nuestro parque edificado. Como primer paso necesitamos un método eficaz que facilite la toma de decisiones para convertir esos gastos actuales en beneficios futuros, la calificación energética. Este trabajo desarrolla la calificación energética de un edificio residencial existente del año 2006, anterior a la aparición del Código Técnico de la Edificación, del que no disponemos documentación del proyecto.

Debemos seleccionar las herramientas de cálculo, seleccionar los métodos de obtención de las características constructivas que nos afectan e introducirlas en el programa para obtener su calificación energética inicial. A continuación introducimos mejoras que provoquen una reducción del consumo de energía primaria y la producción de CO₂, valorando estas propuestas desde un punto de vista no solamente energético sino económico, a partir de su Valor Actual Neto, que aporta el periodo de retorno de la inversión realizada.

Abstract

Modifications in building sector can attach importance to a necessary energetic restoration of our building lot. As a first step we need an effective method that makes easy the taking of decisions in order to turn those expenses into future benefits that is the energy rating. This work studies the energy rating of an existing residential building, built

in 2006 (before the publication of the Building Technical Code), without project documentation.

We have to select the calculation tools and the methods to obtain the necessary building characteristics to put in a program and to obtain its initial energy rating. Then we introduce improvements that produce a reduction of the primary energy consumption and the production of carbon dioxide, valuing these proposals from a point of view not only energetic but also economic, from its Net Current Value, which gives us the return period of the carried out inversion.

Palabras clave: Calificación energética, Certificación, Existente, Residencial.

Key words: Energy rating, Certification, Stock, Residential.

Acrónimos utilizados

ACS: Agua Caliente Sanitaria

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación

ANDIMA: Asociación Nacional de Industrias de Materiales Aislantes

ATECYR: Asociación Española de Climatización y Refrigeración

CE: Comunidad Europea

CENER: Centro Nacional de Energías Renovables

CERMA: Calificación Energética Residencial Método Abreviado

CT-79: Condiciones Térmicas 1979

CTE: Código Técnico de la Edificación

EPBD: Energy Performance Building Directive

GTR: Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

IEE: Informe de Evaluación de Edificios

ISO: International Organization for Standardization

ITE: Inspección Técnica de Edificios

NBE: Norma Básica de la Edificación

RD: Real Decreto

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios

UNE: Una Norma Española

UTE: Unión Temporal de Empresas

VAN: Valor Actual Neto

Índice

Resumen	1
Acrónimos utilizados	3
Índice	5
Capítulo 1.....	7
Introducción	7
Capítulo 2.....	12
Directiva EPBD (Energy Performance Building Directive).....	12
1 Directiva 2002/91/CE de 16 de diciembre 2002.....	12
2 Directiva 2010/31/CE de 19 de mayo 2010.....	14
Capítulo 3.....	17
Reglamentación actual. RD 235 de 5 abril de 2013.....	17
1 Sistemas de calificación. Calificación – Certificación.....	18
2 Certificación edificio existente. Contenido.....	19
3 Clase energética.....	20
Capítulo 4.....	22
Caso práctico en un edificio residencial.	22
1 Toma de datos.	22
1.1 Datos generales	24
2.1 Datos de la envolvente térmica.....	30

3.1	Infiltraciones	42
4.1	Datos de las instalaciones.....	43
2	Herramientas informáticas.....	47
1.2	Selección de herramientas informáticas	47
2.2	Introducción de datos en CERMA.....	49
Capítulo 5.....		63
Medidas de mejora.....		63
3	Análisis de propuestas de mejora. Viabilidad económica	74
Capítulo 6.....		87
Conclusiones.....		87
Capítulo 7.....		92
Referencias Bibliográficas.....		92
Capítulo 8.....		95
Índice de Figuras		95
Anexos		100

Capítulo 1.

Introducción

Una nueva hoja de ruta se ha escrito para el futuro de este país. El Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación (GTR), está firmemente convencido de que se requiere un nuevo marco de ordenación para el Nuevo Sector de la Vivienda que le permita conseguir el ahorro de hasta 300.000 millones de euros en eficiencia energética y en derechos de emisión en España hasta el año 2050¹ y una sustancial reducción del 80% de las emisiones domésticas mediante la descarbonización del parque de viviendas existente.

Las previsiones consideradas por el grupo GTR vendrán incentivadas por la Administración del Estado mediante subvenciones o ayudas de algún

¹ Informe “Una visión-país, para el sector de la vivienda” del Grupo de Trabajo sobre rehabilitación (GTR) de Albert Cuchí (Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona Tech) y Peter Sweatman (Director General de Climate Strategy & Partners). Este grupo tiene como objetivo promover la transformación del actual sector de la edificación, basado en la construcción de una nueva edificación, hacia un nuevo sector que tenga como objetivos la creación y el mantenimiento de la habitabilidad socialmente necesaria y, dentro de este sector de la edificación, la creación de un nuevo sector de la vivienda económicamente viable y generador de empleo, que garantice el derecho a la vivienda, asumiendo los retos ambientales y sociales del Cambio Global.

tipo, tal y como se han presentado ya en el “Plan Estatal de Fomento del Alquiler” y podrán hacer que el mercado aumente notablemente en aplicación de las nuevas directivas europeas. El Plan de acción propuesto por el grupo GTR supone la actuación sobre 10.000.000 de viviendas hasta 2050, 2.600.000 hasta 2020 a nivel nacional, cifrado en hasta 300. 000.000 € para el año 2050.

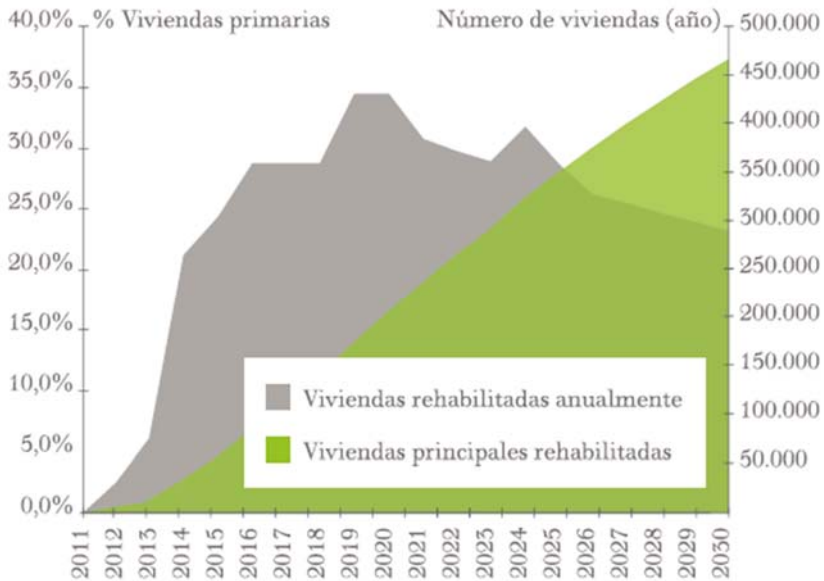


Figura 1. Plan propuesto por el GTR. 2011. Una visión - país para el sector de la edificación en España.

	2020	2050	2050
Número de viviendas reformadas (desde 2012)	2.600.000	6.000.000	10.000.000
<i>(% de viviendas principales de 2001)</i>	16%	37%	64%
Inversión acumulada en viviendas (M€)	65.000 €	150.000 €	240.000 €
<i>Inversión acumulada sólo en eficiencia energética (M€)</i>	45.535 €	100.000 €	160.000 €
Energía anual ahorrada (GWh)	25.000	49.000	70.000
<i>Ahorros energéticos acumulados desde 2002 (GWh)</i>	88.000	470.000	1.700.000
Emisiones de CO2 anuales ahorradas (KTm)	5.700	11.000	15.000
<i>(% reducción respecto emisiones vividas 2001 (con otras medidas))</i>	27%	55%	80%
<i>Emisiones de CO2 ahorradas acumuladas (KTm)</i>	25.000	110.000	570.000
Retornos acumulados por ahorros de energía y CO2 (M€)	8.900 €	62.000 €	300.000 €
Puestos de trabajo generados (promedio del periodo)	150.000	140.000	110.000
<i>Ayudas públicas por puesto de trabajo (promedio del periodo)</i>	12.555 €	11.250 €	n/a

Figura 2. Datos generales del plan propuesto por GTR. 2011. Una visión- país para el sector de la edificación en España.

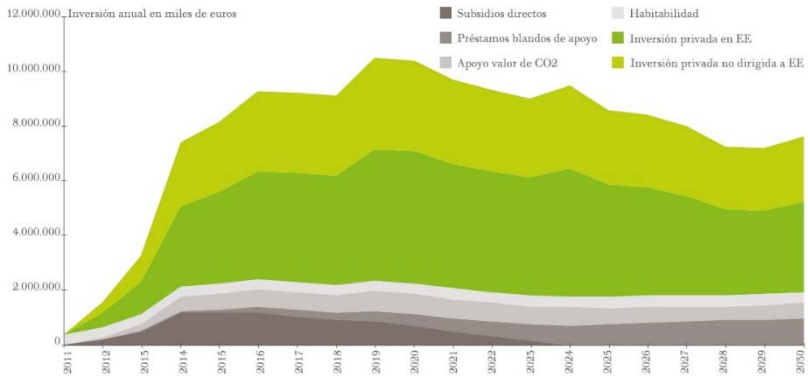


Figura 3. Financiación del plan propuesto por GTR. 2011. Una visión- país para el sector de la edificación en España.

En este trabajo analizamos un edificio construido en 2006, anterior al CTE, comprobando qué aspectos están disponibles para su gestión energética, de forma que mejore la calificación del edificio a la vez que mejoramos los costes directos por consumo energético.

El primer paso, la “Calificación Energética”, que ya es obligatoria en todas las transacciones inmobiliarias de venta o alquiler. El segundo paso, una vez conocidas las bondades de nuestras viviendas, se deben diseñar los trabajos necesarios y recomendables para que el mantenimiento, las obras previstas y la posible sustitución de equipos permitan rehabilitar energéticamente las viviendas.

A continuación se presenta una tabla con la segmentación del mercado de la vivienda a nivel nacional realizado en el censo de población y vivienda de 2001, en el que podemos apreciar la antigüedad del mismo. Se observa un parque de viviendas con una antigüedad mucho mayor que la del edificio seleccionado para este trabajo, (año 2006) lo que facilita a mi juicio poder mejorar en la mayoría de los casos las conclusiones que se obtengan del mismo.

Parque construido

Número de viviendas principales según año de construcción, número de viviendas en el edificio, dimensión del núcleo de edificio y superficie de la vivienda

Fuente: Censo de Población y Viviendas 2011

Año de construcción	Nº de viviendas	Dimensión del núcleo	Superficie de la vivienda						Plazas sobre rasante del edificio											
			1-3		4-3		>3		1-3		4-3		>3							
			<60 m²	61-90 m²	91-120 m²	>120 m²	<60 m²	61-90 m²	91-120 m²	>120 m²	<60 m²	61-90 m²	91-120 m²	>120 m²						
1981-1989	1	<10.000 h	157.413	275.422	2.486.901	1.948.933	1.282.391	63.352	63	24	145	133	119.685	591.544	268.391	0	0	0		
			1.686.016	32.322	103.703	83.077	50.134	58	107	107	76	0	0	0	0	0	0	0	0	
			118.829	24.370	47.775	27.955	18.373	96	165	78	47	0	0	0	0	0	0	0	0	
			266.698	37.396	103.680	77.100	37.704	1.965	6.149	3.167	1.936	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2-4	>10.000 h	3.986.129	535.111	152.497	22.451	56.303	33.273	15.383	3.532	11.860	6.586	3.109	0	0	0	0	0	0	
				114.516	23.844	36.175	14.733	7.187	7.410	14.564	7.089	3.584	0	0	0	0	0	0	0	0
				171.851	10.889	21.448	8.388	2.838	19.307	64.297	21.655	4.749	217	1.090	604	1.190	604	1.190	604	1.190
				1.533.735	377.781	16.014	24.202	7.415	2.489	37.576	330.471	63.645	16.663	676	4.516	2.883	1.110	2.883	1.110	2.883
	40 o más	>10.000 h		1.018.193	37.328	25.650	6.088	2.348	279.301	403.270	151.341	73.339	5.793	20.061	11.292	8.421	6.421	6.421	6.421	
				8.006	209	310	140	74	1.177	3.677	1.682	541	777	1.335	651	195	195	195	195	
				37.697	139	271	169	66	3.105	11.090	4.635	1.079	2.813	6.674	2.390	472	2.390	472	2.390	
				198.434	637	638	253	153	30.100	38.250	14.307	4.242	8.192	21.933	8.498	2.271	8.498	2.271	8.498	
1991-1999	1	<10.000 h	883.717	89.814	307.036	302.658	162.000	129	391	273	116	0	0	0	0	0	0	0		
			1.155.162	20.366	100.230	82.471	47.900	55	298	140	74	0	0	0	0	0	0	0	0	
			201.684	20.596	36.437	17.939	13.853	73	179	83	53	0	0	0	0	0	0	0	0	
			8.141	9.64	26.437	17.939	13.853	179	3.651	8.160	2.807	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2-4	>10.000 h	6.888.319	517.684	207.823	27.272	108.423	91.965	37.388	1.739	2.495	14.120	10.979	4.384	0	0	0	0	0	
				71.327	14.131	57.433	30.032	15.936	1.739	3.622	12.296	5.704	2.020	0	0	0	0	0	0	0
				402.666	13.051	49.660	21.837	6.324	34.532	208.831	81.569	15.910	583	4.830	2.932	1.677	2.932	1.677	2.932	
				3.671.656	1.931.651	13.913	47.730	17.149	5.418	134.407	635.911	230.729	54.867	3.716	27.964	16.424	6.551	16.424	6.551	
	40 o más	>10.000 h		2.845.538	16.942	23.627	6.208	2.342	379.112	666.227	285.207	86.991	26.599	151.762	69.887	33.915	33.915	33.915	33.915	
				34.483	759	580	616	287	3720	9.141	4.483	1.391	2.097	7.168	2.705	580	580	580		
				14.727	283	767	359	145	11.029	41.269	17.655	4.077	12.959	43.118	19.891	2.985	2.985	2.985		
				58.068	121	405	164	183	37.945	107.213	41.165	12.146	44.445	203.888	86.311	25.152	25.152			
1991-2001	1	<10.000 h	1.525.869	64.408	345.846	376.538	338.789	202	690	379	208	0	0	0	0	0	0	0		
			1.587.882	14.015	116.886	100.036	118.688	188	688	302	154	0	0	0	0	0	0	0	0	
			169.847	6.273	32.036	26.584	37.943	270	596	214	91	0	0	0	0	0	0	0	0	
			288.327	22.809	66.361	64.301	50.152	1.233	5.611	4.562	2.111	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2-4	>10.000 h	4.128.489	139.885	9.183	44.059	32.282	19.253	1.363	6.723	5.283	2.710	0	0	0	0	0	0	0	
				44.467	5.298	14.933	7.678	5.402	1.996	5.224	2.937	1.248	0	1	0	0	1	0	0	
				394.388	16.764	86.297	31.757	11.202	20.921	90.873	61.159	12.679	230	1.798	944	247	944	247		
				1.906.565	708.424	12.845	74.402	27.057	10.348	41.517	397.045	144.571	38.256	500	6.399	3.813	3.813	3.813		
	40 o más	>10.000 h		785.743	9.661	27.852	16.595	4.832	73.365	607.811	155.591	36.469	3.599	31.644	14.225	6.589	6.589	6.589	6.589	
				22.887	795	1.644	965	580	2.688	7.686	2.328	822	492	2.700	1.489	208	208	208		
				97.214	363	1.191	596	430	4.191	20.594	7.329	1.633	4.297	13.633	4.297	1.489	1.489			
				158.042	503	719	220	243	8.231	29.825	12.546	3.799	5.440	37.168	21.412	5.845	5.845			

Figura 4. Segmentación de la vivienda en España. 2011. Una vivienda-pais para el sector de la edificación en España.

Capítulo 2.

Directiva EPBD (Energy Performance Building Directive)

1 Directiva 2002/91/CE de 16 de diciembre 2002

Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios (*Lo que nos vino de Europa*)

La directiva de 2002 estableció seis principios básicos que deberían desarrollar los estados miembros para mejorar energéticamente los edificios, lo que provocó la evolución de nuestra normativa, posibilitando la aparición de herramientas como LIDER-CALENER, el desarrollo del CTE, la aparición del RD 47/2007 y el RITE.

PRINCIPIOS BÁSICOS:

1.- Existencia de una metodología de cálculo que integre los distintos aspectos que intervienen en la determinación de la misma. (LIDER-CALENER)

La metodología de cálculo debería incluir : disposición y orientación del edificio (incluidas condiciones climáticas exteriores); sistemas solares pasivos, protección solar y ventilación natural; condiciones climáticas interiores; instalaciones de calefacción y ACS y sus aislamientos; características térmicas del edificio (cerramientos, pudiendo incluir

infiltraciones); instalaciones de aire acondicionado, ventilación e iluminación artificial; iluminación natural; electricidad producida por cogeneración; sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en fuentes de energía renovables; sistemas de calefacción y refrigeración central o urbana.

Los edificios deben clasificarse en: edificios de centros de enseñanza; edificios de viviendas; viviendas unifamiliares de distintos tipos; oficinas; hospitales; hoteles y restaurantes; instalaciones deportivas; edificios comerciales destinados a la venta; otros tipos de edificios que consuman energía.

2.- El establecimiento de unos mínimos de eficiencia energética para los edificios de nueva construcción (CTE).

3.- El establecimiento de unos mínimos de eficiencia energética para la reforma de los edificios con superficie superior a 1.000 m² (CTE).

- Los edificios ocupados por autoridades públicas o instituciones de más de 1000 m² deberán poseer y tener visible un certificado energético de antigüedad no superior a 10 años (podrán exhibirse las temperaturas interiores recomendadas y las registradas en cada momento).

4.- La existencia de un certificado energético para cada edificio cuando se construya, venda o alquile con una validez máxima de 10 años (RD 47/2007).

- Los edificios deberán tener un certificado de eficiencia energética. La validez no excederá de 10 años.

- El certificado deberá incluir valores de referencia como la normativa y valoraciones comparativas. Deberá ir acompañado de recomendaciones

para su mejora. Certificadores e inspectores independientes realizarán la certificación energética de los edificios y la redacción de las correspondientes recomendaciones, así como la inspección de las calderas y sistemas de aire acondicionado.

5.- La inspección periódica de las calderas con potencia superior a 20 KW y de las instalaciones de calefacción de más 15 años (RITE).

6.- La inspección periódica de los equipos e instalaciones de aire acondicionado de más de 12 kW (RITE).

2 Directiva 2010/31/CE de 19 de mayo 2010

Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios *(lo que nos está llegando de Europa)*.

Objetivo 20 / 20 / 20. Un 20 % de reducción de consumo de energía, un 20 % de reducción de emisiones de CO₂ y un 20 % de aporte de energías renovables para 2020.

La nueva directiva obligará a modificaciones en el CTE y otros cambios normativos.

La nueva Directiva pretende como principales objetivos:

- Modificar y clarificar ciertos aspectos de la antigua EPBD (directiva del 2002). Ampliar sus objetivos y hacer más exigentes los anteriores con la idea de obtener un mayor impacto.

- Hacer que el sector público sea un ejemplo para el resto. Exposición del Certificado de Eficiencia Energética en los edificios en los que la autoridad pública ocupe una superficie útil total superior a 500 m² y que sean frecuentados por el público. Este umbral de 500 m² se reducirá a 250 m² a partir del 9 de julio de 2015. El certificado debe estar bien visible al público.
- Eliminación del límite de 1000 m² para actuar energéticamente en un edificio existente que se rehabilite. Con la nueva directiva, un edificio que sufra una rehabilitación integral (aquella que actúa sobre más del 25% de la superficie del edificio) deberá tomar medidas de ahorro energético.
- Se deben establecer requisitos mínimos de eficiencia energética para los nuevos edificios y para los existentes en el caso en el que se rehabiliten. Esos mínimos pueden ser diferentes (un mínimo para nuevos edificios y otro para los existentes).
- Niveles óptimos de rentabilidad. Los Estados miembros deben calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética utilizando una metodología preparada por la Comisión. El resultado del cálculo del nivel óptimo de rentabilidad deberá ser presentado a la Comisión como muy tarde el 30 de junio de 2012.
- Si los requisitos mínimos de eficiencia energética vigentes en un Estado miembro son muy inferiores a los niveles óptimos de rentabilidad, el Estado deberá poner en marcha un plan para reducir de forma considerable dicha diferencia a más tardar en la siguiente revisión periódica de los requisitos de eficiencia

energética (máximo en 5 años desde la versión anterior de la normativa).

- Edificios de consumo de energía casi nulo. Todos los edificios nuevos deberán ser de consumo de energía casi nulo a partir del 31/12/2020. La exigencia anterior se modifica al 31/12/2018 para los edificios que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas.
- Los Estados miembros deberán definir qué es un edificio de consumo de energía casi nulo de forma que refleje sus condiciones nacionales, regionales o locales e incluya un indicador numérico de uso de energía primaria expresado en kWh/m² al año.

Recientemente se ha actualizado el DB-HE mediante la orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, entrando en vigor en Marzo. En ella se introducen nuevas exigencias relativas al consumo de energía primaria no renovable y exigencias respecto a la demanda energética, para edificios de nueva construcción y ampliaciones de los existentes. Aunque no se establece la obligatoriedad de emplear una herramienta oficial para verificar estas exigencias, la Dirección General del Ministerio de Fomento facilitó la unificación en una sola plataforma LIDER-CALENER, una herramienta para la verificación del DB-HE y la certificación energética. Se estableció un periodo máximo de nueve meses para el uso de LIDER y CALENER y otras herramientas reconocidas antes del 13 de marzo de 2014, cuando cumplan las exigencias establecidas para los procedimientos de cálculo de la nueva sección del DB-HE.

Capítulo 3.

Reglamentación actual. RD 235 de 5 abril de 2013

Durante el primer periodo (Directiva 2002/91/CE) se aprobó el RD 47/2007 por el que se aprueban los procedimientos básicos para la certificación de eficiencia energética de los edificios de nueva construcción.

Durante el segundo y actual periodo (Directiva 2010/31/CE) se aprobó el RD 235/2013 por los que se aprueban los procedimientos básicos para la certificación de eficiencia energética de los edificios. En dicho documento se establece, mediante su artículo único, la obligación de poner a disposición de los compradores o arrendatarios un certificado de eficiencia energética cuando se construyan, vendan o alquilen edificios o unidades de éstos, siendo obligatorio también mostrar dicho certificado a los potenciales compradores y arrendadores del edificio o unidad. Aunque esto, en principio, ya lo incorporaba el Real Decreto 47/2007 al que éste deroga, en el punto 2 del artículo primero de su Procedimiento Básico para la Certificación de Eficiencia Energética de los Edificios de Nueva Construcción, incluye ya todo tipo de edificios.

En estos últimos años, se ha empezado a encontrar cierto apoyo político para la renovación del parque inmobiliario con la aprobación del Real Decreto-ley 8/2011, de aplicación desde el 8 de Julio de 2012,

que creó la obligatoriedad de realizar las inspecciones a edificios con más de 50 años en todo el territorio nacional; las subvenciones a fondo perdido reguladas en el Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbana, 2013-2016; y la aprobación de la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas en el que por primera vez se abandona el conocido ITE (Inspección Técnica de edificios) para dar paso al IEE (Informe de evaluación de edificios, en el que ya se incluye la calificación energética como un valor necesario para obtener dichas subvenciones.) Además se promulga la resolución de 25 de septiembre de 2013, de la Secretaría de Estado de Energía, en la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria del programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes del sector residencial (uso vivienda y hotelero).

1 Sistemas de calificación. Calificación – Certificación.

Calificación de eficiencia energética.

Calificar es asignarle a un edificio la clase de eficiencia energética que le corresponde. La expresión de la eficiencia energética de un edificio se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

Certificación de eficiencia energética.

Certificar es el proceso de verificar la calificación de eficiencia energética asignada a un edificio. En este proceso, un técnico habilitado

comprueba la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida con el edificio existente lo cual conduce a la expedición de un certificado de eficiencia energética del edificio existente.

2 Certificación edificio existente. Contenido

A parte de la identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica y del procedimiento reconocido utilizado para obtener la calificación energética, se debe incluir:

Descripción de las características del edificio utilizadas para obtener la clase energética como son la envolvente térmica, instalaciones, condiciones normales de funcionamiento, etc.

La indicación de la normativa que fue de aplicación cuando se construyó.

Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico que realiza la certificación.

Un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética del edificio o de una unidad de éste. Las recomendaciones deberán ser técnicamente viables y podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil. Contendrá información dirigida al propietario o arrendatario sobre dónde obtener información más detallada, de las actuaciones que se deberían emprender para llevar a la práctica dichas recomendaciones,

información sobre auditorías energéticas o incentivos de carácter financiero o de otro tipo y posibilidad de financiación.

3 Clase energética

La Clase de Eficiencia Energética de un edificio depende de las emisiones totales que genera el edificio considerando el agua caliente sanitaria ACS, la calefacción (invierno) y la refrigeración (verano) para el uso residencial de la vivienda; además la iluminación para el uso terciario (administrativo, docente, hospitalario, etc.).

En los casos anteriores, el servicio de climatización (calefacción y/o refrigeración) incluye las cargas térmicas debidas a la ventilación que impone el CTE en HS3 para vivienda y en RITE para uso terciario.

La escala de calificación de eficiencia energética está basada en la norma europea EN 15217 “Energy performance of buildings. Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”, que establece un procedimiento para fijar los límites de las clases de eficiencia energética en base a tres indicadores energéticos:

- El correspondiente al edificio objeto: I_{objeto}
- El valor medio del indicador correspondiente a edificios similares de nueva planta que sean conformes con la reglamentación vigente en el año 2006: $I_{Reglamentación}$
- El valor medio del indicador correspondiente a los edificios similares del parque edificatorio existente en el año 2006: I_{stock}

¿Cómo se asigna?

Para obtener las emisiones totales se realizan los siguientes cálculos:

- **Demanda** de energía. Depende de la propia composición arquitectónica del edificio considerado, de su geometría (forma y tamaño), soluciones constructivas, situación geográfica, orientación, uso, ...
- **Consumo** de energía. Depende del rendimiento de las instalaciones, considerando la climatización, ventilación, iluminación y ACS

$$\text{Consumo} = \text{Demanda} / \eta$$

Siendo η el rendimiento medio estacional de los sistemas

$$\text{Consumo} \times \text{Coef. de paso}$$

- **Emisiones** de CO₂. Depende del consumo de energía y del tipo de energía empleada

Gas natural: 0,204 Kg/kWh

Gasóleo: 0,287 Kg/kWh

Electricidad: 0,649 Kg/kWh

Capítulo 4.

Caso práctico en un edificio residencial.

1 Toma de datos.

La toma de datos es el proceso más importante del proceso para obtener la clase de eficiencia energética de un edificio. El objetivo es recopilar toda la información sobre el comportamiento energético del edificio (datos generales, datos de la envolvente térmica y datos de las instalaciones térmicas).

Los resultados obtenidos dependerán de la experiencia del técnico sobre el estado real del edificio y de los factores que influyen en su comportamiento energético.

Con esta toma de datos se generará el conjunto completo de los datos de entrada necesarios para los programas informáticos.

Los manuales de los programas pueden facilitar modelos de fichas de toma de datos aunque conviene adaptar esta toma de datos a cada caso concreto.

Definiciones del DB-HE1 que utilizaremos:

Envolvente edificatoria. Se compone de todos los cerramientos del edificio.

Envolvente térmica. Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Espacio habitable. Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

Tipos de espacios habitables. Se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior debido a la actividad utilizada y al periodo de utilización de cada espacio (espacios de baja carga interna, espacios de alta carga interna).

Espacio no habitable. Espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

Recinto habitable. Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se considera como tales: habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales; aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente; quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario; oficinas, despachos, salas de reunión, en edificios de uso administrativo; cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso; zonas comunes de circulación en el interior de los edificios; cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

Recinto no habitable. Recinto interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas: garajes, trasteros, cámaras técnicas y desvanes no acondicionados y sus zonas comunes.

Cubiertas. Cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación es inferior al 60 % respecto a la horizontal.

Suelos. Cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados, que están en contacto con el aire, el terreno o un espacio no habitable.

Fachadas. Cerramientos exteriores en contacto con el aire, con una inclinación superior al 60 % respecto a la horizontal. Las fachadas se agrupan en seis orientaciones según el ángulo formado entre el norte geográfico y la normal a la fachada, medido en sentido horario.

Medianeras. Cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos y que conforman una división común. Si no existe otro edificio se considera como fachada.

Cerramientos en contacto con el terreno. Cerramientos distintos de los anteriores, que están en contacto con el terreno.

Particiones interiores. Elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

1.1 Datos generales

Los datos a recopilar son el uso (residencial, terciario, etc.) y tipo de edificio (unifamiliar, colectivo, etc.); año de construcción; año e importancia de las rehabilitaciones realizadas; y normativa vigente durante la construcción del edificio.

Composición de las plantas que forman el edificio: número de plantas, espacios habitables y no habitables, altura libre, superficie útil habitable, orientaciones, elementos que generan sombras en las fachadas etc.

En este trabajo vamos a estudiar un edificio residencial de 46 viviendas situado en el Término Municipal de Molina de Segura en Murcia, construido en el año 2006, en el que no se ha realizado ningún tipo de actuación. La normativa de referencia es NBE-CT-79.

Debemos dejar el edificio totalmente identificado mediante su referencia catastral antes de iniciar los trabajos. Para ello se puede emplear la herramienta de consulta del catastro (Oficina Virtual del Catastro) obteniendo así el nº de referencia catastral y su plano de situación. En él se define la orientación del edificio que posteriormente comprobaremos en el terreno, pero que nos servirá para preparar los cuadros de toma de datos de este edificio en concreto.

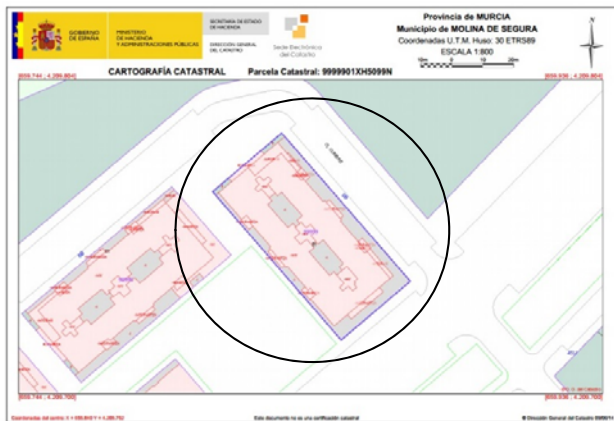


Figura 5. Plano de situación. 2014. Oficina Virtual del Catastro.

Del análisis previo realizado al edificio, se desprende la existencia de tres tipos de tipologías de vivienda distribuidas en tres plantas iguales destinadas a viviendas numeradas de 1ª a 3ª, una planta baja destinada a viviendas y un sótano destinado a garaje y trasteros. Todas ellas se distribuyen en tres escaleras abriendo huecos al exterior y a dos patios interiores. En la planta baja del edificio existe además de las viviendas, un volumen que pertenece al sótano que da acceso al garaje, los tres zaguanes de entrada a cada una de las escaleras y un local destinado al uso general de la comunidad. No existen locales comerciales.

TIPO DE VIVIENDA	COMPOSICIÓN	CUADRO DE SUPERFICIES Y FACHADAS									
		SALON	DORM 1	DORM 2	DORM 3	DORM 4	PASILLO	ASEO 1	ASEO 2	COCINA	SUP. UTE
VIVIENDAS MODELO 1	4D+2B	27,1	13,4	8,4	9,5	10,5	11,2	4,6	3,9	9,4	98
VIVIENDAS MODELO 2	2D+1B	25,7	12,3	9,6			12,2	4,8		11,7	75,2
VIVIENDAS MODELO 3	3D+2B	29,4	14,4	8,6	9,2		10,2	4,2	3,9	8,4	75,3

Figura 6. Composición de los tipos de vivienda existentes. 2014. Propia.

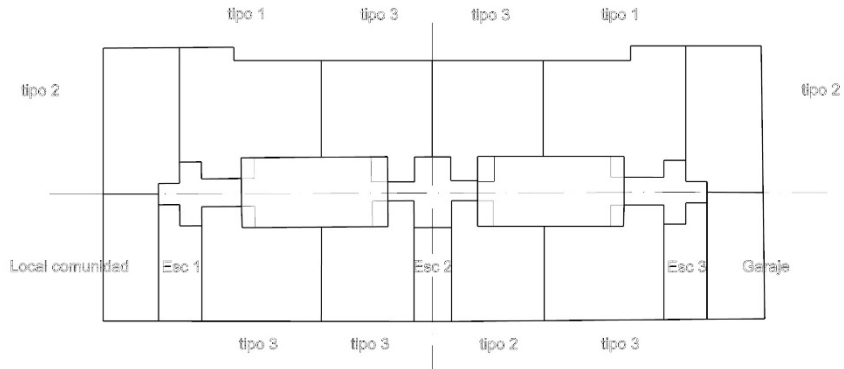


Figura 7. Tipos de viviendas en la planta baja. 2014. Medición actual. Propia.

La composición de cada una de las viviendas forma los espacios habitables que componen nuestro edificio a efectos de cálculo.

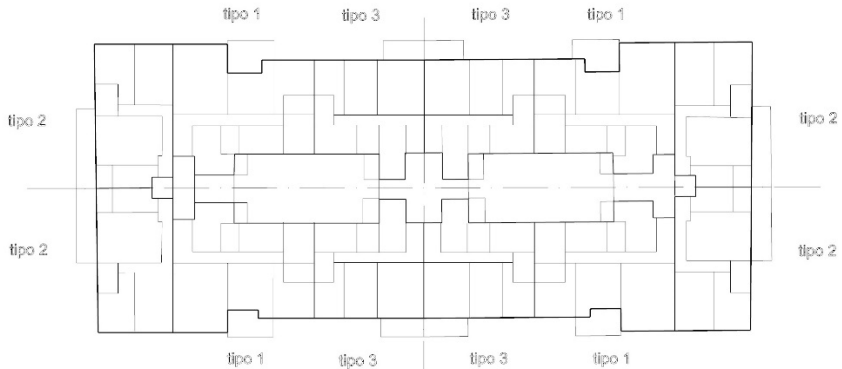


Figura 8. Distribución de tipos de viviendas en las plantas 1ª a 3ª. 2014. Propia.

Posteriormente hemos tomado las cotas generales del edificio y la composición de sus fachadas, anotando huecos, dimensiones, orientaciones, sombras existentes, etc.

Las mediciones se han realizado siempre desde el interior para considerar solamente los volúmenes reales que actúan en el cálculo, descontando por ejemplo volúmenes de armarios existentes en obra, superficies de armarios de obra a fachada o a otros espacios no habitables.



Figura 9. Fachada NE. 2014. Propia.



Figura 10. Fachada NO. 2014. Propia.

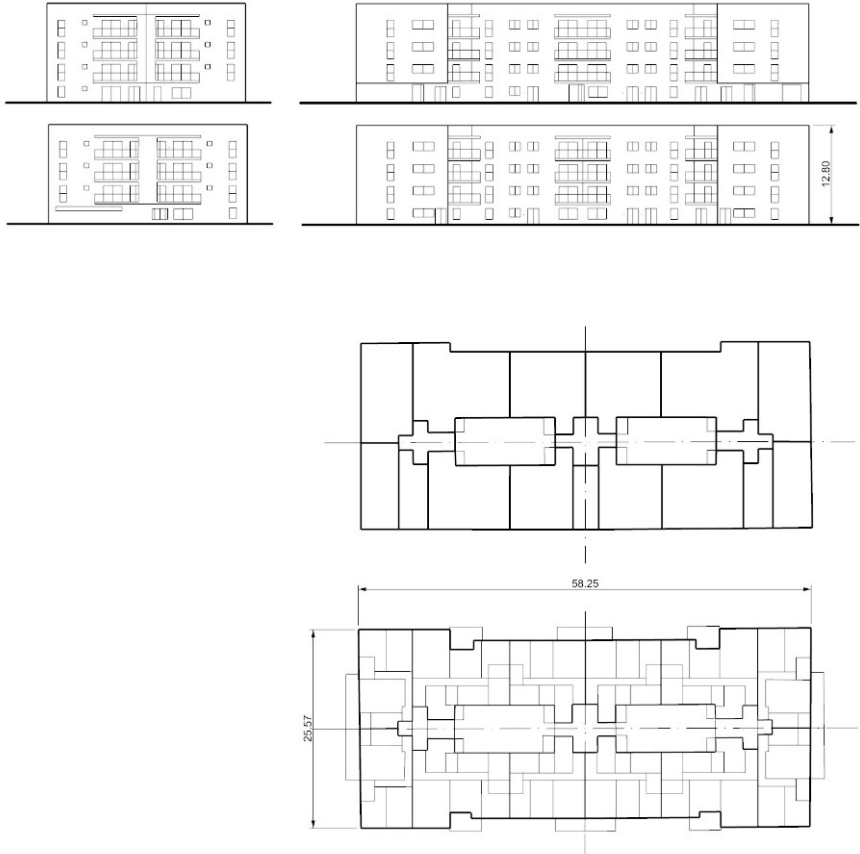


Figura 11. Composición y dimensiones generales del edificio. 2014. Propia.

2.1 Datos de la envolvente térmica

Se deben identificar los tipos de elementos que forman la envolvente térmica del edificio. Las superficies se deberán medir desde el interior de cada espacio.

A la hora de identificar los diferentes elementos del edificio hemos distinguido:

- Cubiertas en contacto con el aire o con espacios no habitables.
- Suelo en contacto con el aire, con el terreno o con espacios no habitables.
- Fachadas en contacto con el aire identificadas por orientaciones.
- Huecos y lucernarios.
- Particiones interiores con espacios no habitables no incluidas en los suelos o las cubiertas.
- Cerramientos en contacto con el terreno no incluidos en los suelos o las cubiertas.
- Medianeras.

En los huecos de los cerramientos del edificio hemos identificado:

- Dimensiones del hueco, diferenciando entre marco y vidrio para calcular el porcentaje ocupado por el marco.
- Tipo de marco, identificado mediante inspección visual.
- Tipo de vidrio, identificado mediante inspección visual (monolítico, doble estándar o doble con control solar). Se

pueden emplear medidores laser por refracción para obtener los espesores de las capas o medidores laser.

- Permeabilidad del hueco, intentando determinar si el hueco es poco estanco.
- Absortividad debido al color del marco, mediante inspección visual.
- Dispositivos de protección solar, identificados mediante inspección visual.
- Transmitancia térmica y factor solar del vidrio, determinado por el tipo de vidrio y sus propiedades mediante cálculo a través del programa Calumen si es necesario.

En el caso estudiado, las fachadas se presentan en la siguiente tabla de la figura nº 12, en la que se indican: la orientación de cada hueco, la existencia de voladizo superior, sombras al exterior, existencia de persiana, divisiones en el marco de la ventana para cálculo del porcentaje de hueco/marco.

Se incluyen también el resumen de las dimensiones obtenidas de las mediciones realizadas en las viviendas, configurando el total de la medición de superficies y volúmenes en la tabla de la figura nº 13.

VENTANA TIPO	Voladizo		Persiana	Sombra exterior	nº Particiones	% hueco	Grupo	FACHADA NE	FACHADA NO	FACHADA SO	FACHADA SE	Totales
FACHADAS EXTERIORES												
V1 (2,71X1,10 m)		x			2	14	G40	6				6
V1 (2,71X1,10 m)		x			2	14	G1			4		4
V15 (2,71X1,10 m)		x	x		2	14	G18			4		4
P2 (0,9X2,10 m)		x			1	15	G41	12	6			18
P2 (0,9X2,10 m)		x			1	15	G2			3	3	6
P2 (0,9X2,10 m)		x			1	15	G26			3	3	6
P25 (0,9X2,10 m)		x	x		1	15	G19			3		3
P25 (0,9X2,10 m)		x	x		1	15	G20			3		3
P3 (2,4X2,1 m)	x	x			2	11	G42	6	6			12
P3 (2,4X2,1 m)	x	x			2	11	G3			3	4	7
P3 (2,4X2,1 m)	x	x			2	11	G27			3	3	6
V2 (1,4X1,1 m)		X			2	19	G43	13				13
V2 (1,4X1,1 m)		X			2	19	G4			4		4
V2 (1,4X1,1 m)					2	19	G28			3		3
V2 (1,4X1,1 m)					2	19	G29			3		3
V2 (1,4X1,1 m)					2	19	G30			3		3
V3 (2,4X1,4 m)		x			2	13	G44	1	1			2
V3 (2,4X1,4 m)		x			2	13	G5			1	1	2
P7 (1,4X2,1 m)		x			2	15	G45	7				7
P7 (1,4X2,1 m)		x			2	15	G6			4		4
P7 (1,4X2,1 m)		x			2	15	G31			1		1
P75 (1,4X2,1 m)		x	x		2	15	G21			1		1
P75 (1,4X2,1 m)		x	x		2	15	G22			1		1
V10 (0,9X1,4 m)		x			2	23	G46	3	1			4
V10 (0,9X1,4 m)		x			2	23	G7			3	1	4
V105 (0,9X1,4 m)		x	x		2	23	G23			1		1
V105 (0,9X1,4 m)		x	x		2	23	G24			1		1
P15 (0,9X2,10 m)	x	x			1	15	G47	6	2			8
P15 (0,9X2,10 m)	x	x			1	15	G8			3	2	5
P15 (0,9X2,10 m)	x	x	x		1	15	G25			3		3
V9 (0,6X0,6 m)					1	36	G48		7			7
V9 (0,6X0,6 m)					1	36	G9				7	7
P6 (0,9X2,1 m)					0	100	G10				1	1
P8 (1,4X2,1 m)		x	x	x	2	15	G49		7			14
P8 (1,4X2,1 m)		x	x	x	2	15	G11				7	7
FACHADAS INTERIORES (PATIOS)												
P4 (1,3X2,1 m)	x	x			2	14	G12	2	14	1	4	21
P4 (1,3X2,1 m)	x	x			2	14	G32				4	4
P4 (1,3X2,1 m)	x	x			2	14	G33			1	4	5
P4 (1,3X2,1 m)	x	x			2	14	G34				4	4
V5 (1,20X1,00 m)		x			2	22	G13	6		3		9
V5 (1,20X1,00 m)		x			2	22	G35			3		3
V6 (1,40X1,00 m)		x			2	20	G14	16		4		20
V6 (1,40X1,00 m)		x			2	20	G36			4		4
V6 (1,40X1,00 m)		x			2	20	G37			4		4
V6 (1,40X1,00 m)		x			2	20	G38			4		4
V7 (0,9X0,65 m)					2	22	G15	2		2		4
P5 (0,9X2,1 m)	x				1	15	G16	2		2		4
V8 (1,0X0,50 m)		x			2	30	G17	8		4		12
V8 (1,0X0,50 m)		x			2	30	G39			4		4
Totales								90	44	94	48	276

Figura 12. Características de huecos. 2014. Propia.

A continuación, se deben determinar las propiedades térmicas (transmitancia térmica, factor solar, masa, etc.) y conjuntamente la influencia de los dispositivos de protección solar de los huecos y lucernarios.

Deberemos pararnos en el cálculo de la transmitancia térmica por la gran importancia que tendrá en el cálculo general de la calificación energética. Para ello vamos a ver los distintos sistemas que tenemos a nuestro alcance y determinar el idóneo en nuestro caso.

Métodos para obtener las características térmicas de los elementos de la envolvente.

Las características térmicas que deberemos determinar serán transmitancia térmica y masa por unidad de superficie, o bien las capas que forman cada solución constructiva (tipo de material, espesor y conductividad térmica)

Tenemos a nuestro alcance varias herramientas que combinadas podrán ayudarnos a determinar la transmitancia térmica con mayor exactitud. Unas nos aportan una forma de comprobar “in situ” la composición existente y su colocación y las otras intentan determinar directamente la transmitancia térmica:

- a) Catas, video-endoscopio y flexómetro combinado con termografías.
- b) Medición de temperaturas con o sin aporte de calor combinado con termografías.

Las termografías en ambos casos permiten analizar la continuidad de las soluciones constructivas, localizar puentes térmicos, zonas donde se

producen infiltraciones, etc. Nos serán útiles para ver con la cámara dónde hay cambios en la solución constructiva.

Para obtener el tipo de material y espesor de cada una de las capas podemos:

- Realizar una investigación documental.
- Estimarlos a partir del año de construcción según el sistema constructivo.
- Hacer comprobaciones mediante catas o mediante el empleo de video-endoscopio.



Figura 34. Video endoscopio. 2014. Internet.

Para determinar la transmitancia térmica tenemos dos sistemas:

- Sin aporte de calor

La medida se basa en el supuesto de flujo de calor unidimensional y estacionario en cerramientos. En esas condiciones, el flujo de calor q a través de un cerramiento formado por capas paralelas viene dado por:

$$q = U (T_i - T_e)$$

Siendo:

q flujo de calor [W/m^2]

T_i Temperatura del ambiente interior [$^{\circ}C$]

T_e Temperatura del ambiente exterior [$^{\circ}C$]

Además, si se conoce la temperatura de la superficie interior del cerramiento, el flujo de calor q es igual a:

$$q = h_i (T_i - T_{si})$$

Siendo:

h_i coeficiente de película interior [W/m^2K]

T_i Temperatura del ambiente interior [$^{\circ}C$]

T_{si} Temperatura superficial interior del cerramiento [$^{\circ}C$]

El coeficiente de película interior se debe a la transmisión de calor por convección que se produce en las proximidades de la cara interior del cerramiento. Se obtiene como la inversa de los valores indicados en la Tabla E.1 del Apéndice E del DB-HE1:

Igualando las expresiones anteriores y despejando U , que es el valor que queremos conocer, se obtiene:

$$U = h_i (T_i - T_{si}) / (T_i - T_e)$$

Por tanto, para proceder a la medición del valor de U sólo es necesario conocer las tres temperaturas: exterior, ambiente interior y de la superficie interior del cerramiento.

En nuestro caso se empleó un equipo marca TESTO que dispone de tres sensores de temperaturas. Los resultados obtenidos no fueron aceptables al no existir una diferencia de temperatura suficiente entre el exterior y el interior. Se aporta en anexo II los resultados obtenidos.

Se recomienda una diferencia de temperatura mínima exterior-interior de 10 °C, siendo recomendable 15 °C lo que hace el sistema complicado de emplear en algunas estaciones del año.

Se comprobó también que alcanzando la diferencia de temperatura con aporte de calor los resultados tampoco fueron aceptables.



Figura 45. Equipo interior de la medición realizada. 2014. Propia.



Figura 56. Equipo exterior de la medición realizada. 2014. Propia.

- Con aporte de calor

La medida se basa en el supuesto de flujo de calor unidimensional y estacionario en cerramientos. En esas condiciones, el flujo de calor q [W/m²] a través de un cerramiento formado por capas paralelas es igual a:

$$q = U (T_i - T_e)$$

De la expresión anterior se puede despejar la transmitancia térmica U mediante un termo.

El cálculo se basa en la norma ISO 9869:1994 Thermal insulation Building elements Insitu measurement of thermal resistance and thermal transmittance. Esta norma fija las instrucciones de realización del ensayo que son las siguientes:

Colocar los sensores en el cerramiento más importante y más representativo de forma que se asegure que el sensor del flujo de calor está perfectamente sujeto al cerramiento, evitando situar los sensores en las cercanías de puentes térmicos o de fuertes variaciones geométricas. Habrá que maximizar la diferencia de temperaturas interior-exterior y registrar la información durante 60 a 80 horas. Se deberán tener en cuenta las mismas recomendaciones de medida indicadas para el caso anterior, sin aporte de calor y disponer de un flujómetro capaz de medir el flujo de calor.

Termografías

La radiación infrarroja es toda aquella que tiene una longitud de onda entre $0,78 \mu\text{m}$ y $1000 \mu\text{m}$. Todos los materiales a temperaturas por encima de 0°K (-273°C) emiten radiación en la banda infrarroja.

Una cámara infrarroja es capaz de grabar la intensidad de la radiación que no es visible para el ojo humano, convirtiendo la energía emitida en la banda infrarroja en una señal eléctrica que genera una imagen visible. Las imágenes se presentan en escala de grises o en diferentes paletas de colores para reflejar las diferentes intensidades.

Además de detectar la intensidad de la radiación en una superficie, las cámaras termográficas también pueden calcular la temperatura en cada punto de esa superficie empleando la Ley de Stephañ-Boltzman.



Figura 67. Equipo empleado en la toma de termografías. 2014. Propia.

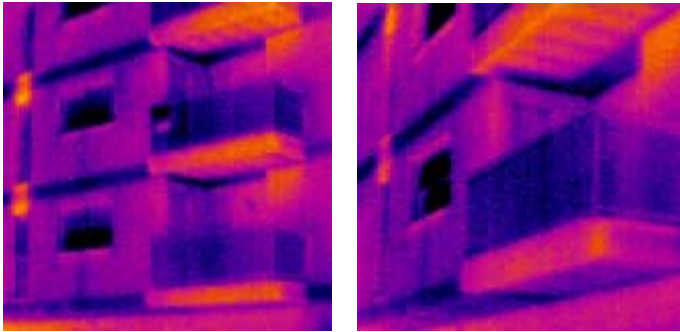


Figura 78. Termografía de fachada S . 2014. Propia.

Se observan puentes térmicos de forjados y pilares en toda la fachada.

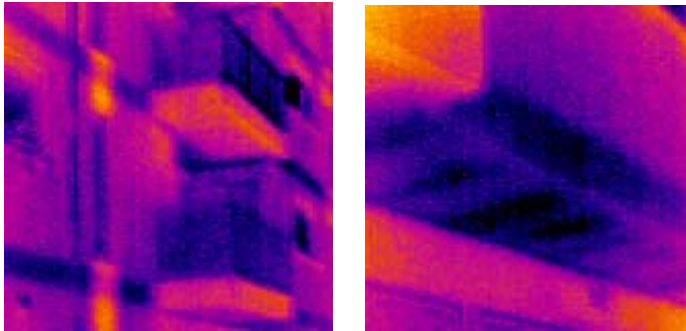


Figura 89. Termografía fachada noreste . 2014. Propia.

Se observan puentes térmicos en suelo exterior de viviendas en planta primera, cantos de forjado y pilares. (Nota. Las zonas calientes bajo o junto a ventanas pertenecen a colores más oscuros de fachada. Hora de inspección 18h en sombra fachada NE.) Ficha técnica en anexo III

3.1 Infiltraciones

La medición de las infiltraciones del aire exterior debidas a las fisuras existentes en los cerramientos o a la baja estanqueidad de los huecos, orificios de paso de conducciones, etc..., es compleja por lo que los programas de calificación disponen de unos valores estimados en función de la antigüedad del edificio.

Es posible realizar un ensayo de infiltraciones mediante la norma UNE-EN 13829 “Aislamiento térmico, determinación de la estanqueidad al aire en edificios, método de presurización por medio de ventilador”. El ensayo se conoce como Blowerdoor y consiste, básicamente, en cerrar todas las ventanas del edificio y colocar el equipo en una puerta de forma que extraiga aire del interior.

Dado que, al extraer aire debe entrar aire del exterior en el edificio, éste solo podrá hacerlo por las carpinterías o fisuras existentes. El equipo mide el caudal extraído y con ello, las infiltraciones.



Figura 20. Ensayo Blowerdoor. 2014. Internet.

También existen equipos capaces de medir la velocidad del aire que entra por una fisura o por una carpintería. Se trata de sondas de hilo caliente que son más sensibles a las bajas temperaturas. Con ellas es posible calcular el caudal de entrada si se conoce el área de las fisuras.

En nuestro caso, debido a la proximidad del año de construcción (2006) y conocer la composición de los cerramientos, no fue necesario realizar estas comprobaciones. No obstante, por su sencillez se hizo un ensayo para determinar la transmitancia térmica sin aporte de calor con resultados no aceptables por la escasa diferencia térmica interior-exterior existente en esta época del año. Se aportan resultados obtenidos en anexo 3 al trabajo.

4.1 Datos de las instalaciones.

Para cada sistema (ACS, calefacción, refrigeración o iluminación) comprobamos el esquema de principio de la instalación y el área cubierta.

Hay que identificar el año de instalación de cada equipo y la fuente de energía empleada ya sea electricidad o un combustible (gas natural, gasóleo, carbón, biomasa, etc).

Sólo se consideran en la calificación de eficiencia energética los equipos fijos. Tampoco se tienen en cuenta chimeneas de leña.

Se deben recopilar las fichas de características de los equipos.

Calderas

Debemos conocer el año de instalación y combustible empleado, comprobando la potencia nominal que se puede obtener de la placa de características, del manual de usuario, catálogos comerciales o fichas técnicas y los rendimientos.

El rendimiento lo podemos obtener por dos métodos:

- Estimado. Se determina a partir del rendimiento nominal (obtenido de la placa de características, del manual de usuario, catálogos comerciales o fichas técnicas) y del año de instalación.
- Conocido. Se obtiene mediante ensayo conforme a la IT4 del RITE que se desarrolla en el documento reconocido “Guía Técnica”, procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas.

También podremos obtener todos estos datos mediante un ensayo del rendimiento instantáneo por uno de los dos métodos siguientes:

- Directo. Se calcula dividiendo la potencia suministrada por la caldera (que depende del caudal de agua en la caldera y del salto térmico) entre el gasto del combustible (que depende del PCI y del consumo de combustible).
- Indirecto. Se determina utilizando un analizador de gases de combustión. Hay que tener en cuenta las pérdidas por las paredes de la caldera.

En nuestro caso se han instalado equipos ACS a gas natural marca Aspes modelo ACL-100E de 10 litros, con una potencia útil nominal de 17,4 kW que ha sido sustituido en alguna de las viviendas de forma

particular por el inquilino o propietario por un termo acumulador eléctrico. El año de instalación es de 2006 (se adjunta documentación técnica en anexo IV).



Figura 21. Calentador Aspes ACL-100E. 2014. Propia.

Equipos de expansión directa de un refrigerante

Se debe de obtener el año de instalación y la potencia nominal de la placa de características, del manual de usuario, de catálogos comerciales o de fichas técnicas y los rendimientos, que los podemos obtener por dos métodos:

- Estimado. Se determina a partir del rendimiento nominal (obtenido de la placa de características, del manual de usuario,

catálogos comerciales o fichas técnicas) y del año de instalación.

- Conocido. Se obtiene mediante ensayo conforme a la IT4 del RITE o bien a partir del método indicado en la norma UNE-EN 15240 “Directrices para la inspección de sistemas de acondicionamiento de aire”. No obstante, estos métodos son sencillos de realizar pero poco precisos pues requieren el cálculo del caudal de aire expulsado por el equipo y, por tanto, de la determinación de la sección de salida, medición complicada de realizar con exactitud.

En nuestro caso existe en un porcentaje insignificante de viviendas con la instalación de un equipo de aire acondicionado tipo split en el salón de la vivienda, a pesar de que todas ellas disponen de preinstalación de aire acondicionado por conductos.



Figura 22. Vista de cubierta con bancadas vacías. 2014. Propia.

Contribuciones energéticas renovables

Podrán existir distintos tipos de instalación: solar térmica, fotovoltaica, eólica, etc.

Se deberán comprobar las características de la instalación: cantidad y tamaño de paneles solares, orientación, inclinación, superficie de captación, potencia pico, fabricante, modelo, etc.

Obtendremos la contribución energética: porcentaje de cobertura solar para ACS, generación anual de electricidad, etc.

En nuestro caso no existe ningún sistema de contribución energética.

2 Herramientas informáticas

1.2 Selección de herramientas informáticas

Existen dos sistemas:

1. *Opción General*. Es el método de referencia y de mayor exactitud. Se realiza mediante el programa Informático LIDER-CALENER. La versión actual del programa es válida para edificios nuevos solamente, ya que no incluye las clases F y G. Calener VYP para edificios de viviendas, mediano y pequeño terciario y Calener GT para edificios de gran terciario.
2. *Opción simplificada*. Es un método con menor exactitud. En la actualidad existen varios procedimientos simplificados reconocidos por el Ministerio.

Los dos primeros procedimientos que fueron reconocidos para el empleo en edificios existentes fueron por encargo de IDEA mediante la adjudicación de un concurso público:

- CE3 de APPLUS Norcontrol SLU
- CE3X de Natural Climate Systems SA (UTE Miyabi – Fundación CENER)

Posteriormente se ha incluido para edificios de viviendas ya sean nuevos o existentes otro más:

- CERMA del Instituto Valenciano de la Edificación, Atecyr en colaboración de la Universidad Politécnica de Valencia y el Grupo FREDSOL.

Dentro de los sistemas simplificados que son válidos para edificios existentes, se ha elegido CERMA. A mi juicio, motivado por tener la opción más completa a la hora de realizar un nuevo cálculo completo a partir de uno inicial, creando una serie de comparativas que facilitan la toma de decisiones de las opciones que se vayan planteando, como veremos en la última fase de este trabajo. Además, éste nos facilita la posibilidad de comprobar el cumplimiento del CTE (cosa que no es posible en el resto) imprescindible a la hora de realizar una rehabilitación integral. Por último, está dedicado a edificios de carácter residencial en exclusiva por lo que se encuentra más especializado, como es el caso que nos ocupa en este trabajo.

En cualquier caso, cualquiera de los otros nos facilitaría unos resultados parecidos, con resultados contrastados en los estudios de fiabilidad realizados previamente antes de ser reconocidos. Se adjunta comprobación realizada en CE3X en anexo 6.

2.2 Introducción de datos en CERMA

La pantalla inicial de entrada es para los datos generales a nivel administrativo. Importante en este apartado, la referencia catastral para identificar perfectamente el edificio:

The screenshot shows the 'Datos Generales' form in CERMA 2.6. It includes fields for 'Identificación' (Building ID, Address, etc.), 'Propiedades' (Property details), 'Representación' (Representation data), and 'Categorización' (Categorization data). The interface is in Spanish and includes a navigation menu at the top.

Figura 23. Datos Generales.2014.
CERMA 2.6



Figura 24. Ciudad / Entorno. 2014.
CERMA 2.6.

A continuación se indica la situación, datos climáticos, con la posibilidad de indicar las sombras del entorno:

Del análisis realizado al edificio se desprende la existencia de tres tipos de tipología de vivienda, distribuidas en tres plantas iguales de 1ª a 3ª y planta baja distribuidos en tres escaleras que dan a dos patios de luces.

Introducimos los datos correspondientes en CERMA para el cálculo de renovaciones CTE-HS-3:

Titulo | Ciudad/Entorno | Global | Muros | Cubiertas | Suelos | Huecos | Equipos | Resultados | Análisis | Temp | HE1

Tipo de edificio: Edificios en Bloque

Generales

Volumen total (m3) 9643,4

Suelo habitable (m2) 3781,7

Clase de higrimetría: 1

3 (55%) 4 (62%) 5 (70%)

Ayuda cálculo nº de renovaciones (CTE-HS3)

Nº de tipologías: 3

	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Nº de viviendas.....	14	14	18
nº dormitorios dobles (>8* m2)	4	2	3
nº dormitorios sencillo (>6* m2)	0	0	0
nº de estar-comedor (>16* m2)	1	1	1
nº de cuartos de baño	2	1	1
Superficie cocina * (m2)	12,0	9,0	9,0

*Superficie recintos sin incluir espacio para almacenamiento

nº renovaciones: 0,83

nº renov/hora finales (utilizado por el programa): 0,83

Puentes térmicos

Puentes térmicos del edificio - características constructivas

Valores de puentes térmicos asumidos

Puentes térmicos del edificio - fijar valores

Existencia pilares:

Con pilares

Sin pilares

Puentes térmicos del edificio - valores por defecto de LIDER

Espesor de cada forjado (entre 0,1 m y 0,5 m) 0,30

Pilares (m)

Longitud (m)

Estimados

Facilitados

Anchura 0,35 (m)

Figura 25. Global. 2014. CERMA 2.6.

A continuación introducimos los valores de superficies de las fachadas separando las que no se orienten a norte en dos planos, una delante que crea sombras sobre la otra más retranqueada y las marcamos como primer o segundo plano.

En nuestro trabajo hemos creado dos bloques de datos distintos, los referentes a fachadas exteriores y a patios. Aunque las características de los cerramientos existentes son similares, se separan para facilitar la toma de decisiones que haremos posteriormente durante los análisis de mejoras, ya que los patios se encuentran más protegidos que las fachadas exteriores.

Seleccionamos la composición del muro o indicamos la U (W/m^2K) calculada según los métodos indicados en el apartado 4.1 referente a la toma de datos, para cada una de las fachadas. Téngase en cuenta que la pantalla de introducción de datos, une las superficies correspondientes a NO, N y NE y sin distinguir 1º o 2º plano. En nuestro caso no hay otros tipos de cerramientos por lo que no se consideran otros datos (contacto con terreno, medianera, etc.).

Figura 26. Cerramientos. 2014. CERMA 2.6.

A continuación se indica la superficie de cubiertas que corresponde a la superficie útil que comunica con los espacios habitables al igual que hicimos con las fachadas.

Titulo | Ciudad/Entorno | Global | Muros | **Cubiertas** | Suelos | Huecos | Equipos | Resultados | Analisis | Temp | HE1 | 🔍 🏠 📄 🔍

Valores máximos (CTE-HE1) 📄 Calculo u

Ayuda valores Transparencias (U)

Topología
 Cubierta exterior
 Fachado interior
 Cubierta a terreno

Exterior Horiz Tipo 1 1 📄
 U (W/m²K) 0,43 08,13 Fachado unidireccional

Horizontal 0,00 1141,0 0,00

Exterior Incl.1 1 📄
 U (W/m²K) 0,00 No definido

	Area m2	Area m2
	N	total
Inclinadas	0	0,0
SO	0	0,0
S	0	0,0
SE	0	0,0
E	0	0,0

Otros Cubiertas Tipo 1 1 📄

Cubierta / Local	hab./no hab.	Local	hab./no hab.	hab./no hab.	Local	hab./no hab.	hab./no hab.	hab./no hab.	Nivel estratificación
U	U	U	U	U	U	U	U	U	
<input checked="" type="checkbox"/> Cubierta / Local	<input checked="" type="checkbox"/> Local	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> 1 (suelo/hab)
<input type="checkbox"/> Fachado interior	<input type="checkbox"/> Fachado interior								<input type="checkbox"/> 2 (suelo/hab)
<input type="checkbox"/> Cubierta a terreno	<input type="checkbox"/> Cubierta a terreno								<input type="checkbox"/> 3 (suelo/hab)
									<input type="checkbox"/> 4 (suelo/hab)
									<input type="checkbox"/> 5 (suelo/hab)

No definido 📄 No definido 📄

Area (m2) U (W/m²K)

Cubierta enterrada 0,0 0,00 No definido 📄

Cubierta adiabática 0 1,00 No definido 📄

Particiones interiores (viv.) con zonas comunes no calefactadas 0,00 No definido 📄

Figura 27. Cubiertas. 2014. CERMA 2.6.

A continuación indicamos los suelos exteriores existentes en 1ª planta que corresponden con el voladizo que une el 1º y 2º plano de la fachada.

Titulo | Ciudad/Entorno | Global | Muros | **Suelos** | Huecos | Equipos | Resultados | Analisis | Temp | HE1 | 🔍 🏠 📄 🔍

Valores máximos (CTE-HE1) 📄 Calculo u

Ayuda valores Transparencias (U)

Topología
 Suelo exterior
 Fachado interior
 Suelo a terreno

Suelos Terreno Tipo 1 1 📄
 U (W/m²K) 0,00 No definido

Área (m2) 0,0 0,0

Área sobre el terreno 0,0 0,0

Dimensiones suelo terreno
 Profundidad 0,0 m
 Perímetro ext. 0,0 m

Aislamiento:
 Periférico
 Continuo
 Sin aislam.

Otros Suelos Tipo 1 1 📄

Local aced./no hab.	Local no hab./Exterior	Nivel estratificación
U	U	
<input checked="" type="checkbox"/> Local aced./no hab.	<input type="checkbox"/> Local no hab./Exterior	<input type="checkbox"/> 1 (suelo/hab)
0,0	0,00	<input type="checkbox"/> 2 (suelo/hab)
0,00	0,00	<input type="checkbox"/> 3 (suelo/hab)
		<input type="checkbox"/> 4 (suelo/hab)
		<input type="checkbox"/> 5 (suelo/hab)

No definido 📄 Forjado paraje 📄

Area (m2) U (W/m²K) Perímetro ext. 0,0 m

Vacio sanitario 0,0 0,00 No definido 📄

Exterior 0 49,4 2,40 900,33 Casa de montero 📄

Adiabático 0 54,1 0,87 9461,3 Casa de montero 📄

Particiones interiores (viv.) con zonas comunes no calefactadas 0,00 No definido 📄

Figura 28. Suelos. 2014. CERMA 2.6.

En la siguiente pantalla introducimos los huecos de la fachada, divididos según las orientaciones existentes, pudiéndose unir por orientaciones cuando no existan sombras que asignar. Cuando si haya que asignar

sombras, cada grupo corresponderá a una hilera de huecos en altura. Se crea así el mínimo número de grupos necesarios. Téngase en cuenta que las fachadas a NE, N y NO pueden quedar unidas y no influirán las sombras existentes.

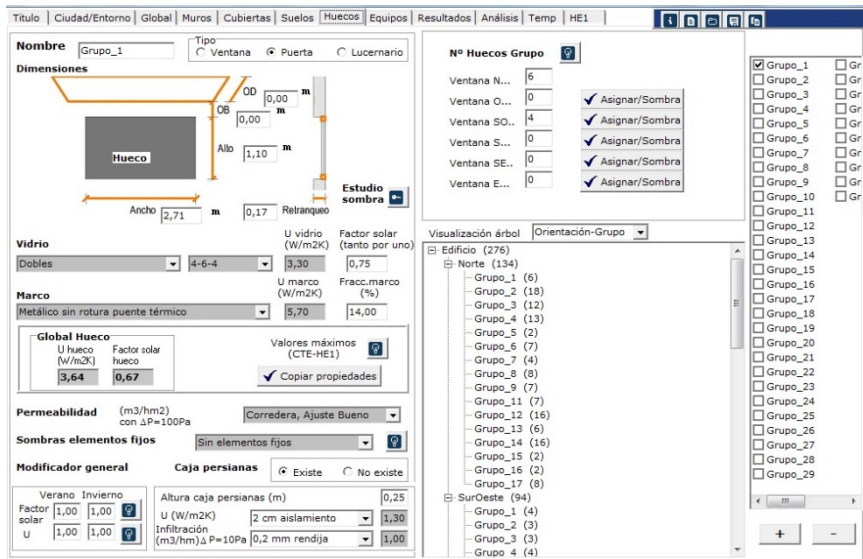


Figura 29. Huecos. 2014. CERMA 2.6.

Se introducen los vuelos existentes sobre los huecos que están bajo balcones. Se consideran vidrios dobles, carpinterías de aluminio color blanco, con buen ajuste, aunque sin rotura de puente térmico, porcentajes de los marcos calculados para cada hueco en función de la forma y cajas de persiana con aislamiento de 2 cm con pequeñas rendijas de 0,2 mm.

En la pantalla de introducción de datos de los equipos, pondremos aquéllos que hemos recopilado en apartados anteriores. En este caso tenemos 40 calentadores de gas natural marca Aspes modelo ACL-100E de 10 litros, con una potencia útil nominal de 17,4 kW y con un rendimiento estimado del 80 %, y 6 termos eléctricos en el resto de viviendas con acumulador de 75 litros y potencia nominal 1,6 Kw.

ACS Global
 Demanda ACS litros/día , aporte solar mínimo según CTE (%)
 Temp. media agua red (°C) , aporte solar de la instalación (%)

Generales
 Suelo habitable (m2)

Servicio
 Nombre
 Tipo de servicio
 Calefacción + Refrigeración ACS
 Refrigeración ACS + Calefacción
 Calefacción

Suelo acondicionado por servicio (m2) (con equipos)
 ACS

Equipos de ACS
 Nº equipos
 ACS
 Tipo de generador
 Caldera convencional
 Bomba de calor aire-agua
 Caldera eléctrica
 Acumulación
 Con Sin
 Tipo combustible
 Gas Natural
 Gasóleo
 Fuel-oil
 GLP
 Carbón
 Biomasa
 Datos de cada caldera
 Pot. calorífica nominal (kW)
 Rendimiento nominal (%)

Sistemas
 Edificio
 ACS 576,25/-/-
 6 Caldera electr.1,60 kW 80%
 ACS 3214,40/-/-
 40 Caldera conven.17,40 kW GasNatural 80%

Servicios **Equipos**

Condiciones nominales equipos
 Equivalencia prestaciones nominales, prestaciones estacionales

Figura 30. Equipos. 2014. CERMA 2.6.

Existen equipos tipo Split en dos salones para todo el conjunto del edificio que no se han considerado por la escasa influencia en el resultado final. La existencia de preinstalaciones por conductos en las viviendas no influye en el resultado de la calificación energética pero se tendrá en cuenta para el diseño de las instalaciones de mejora posteriores.

Con estos datos obtenemos la calificación energética E, correspondiente a un consumo de energía primaria de 90,6 kWh/m² que equivale a unas emisiones de CO₂ de 22,9 Kg/m².

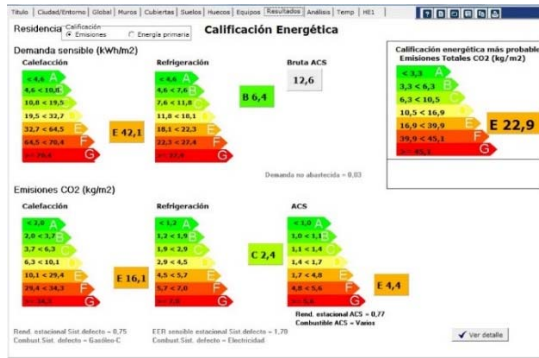


Figura 31. Resultados de emisiones. 2014. CERMA 2.6.

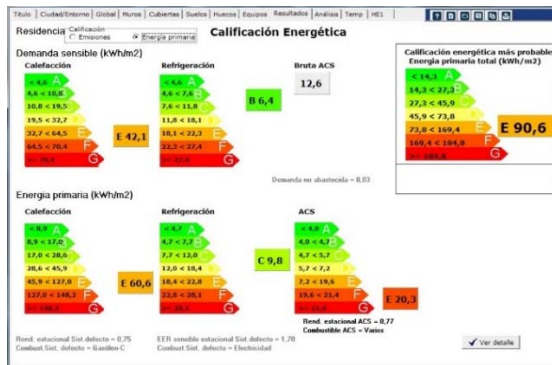


Figura 32. Resultados de energía primaria. 2014. CERMA 2.6.

El programa nos indica los valores distribuidos en cada uno de los conceptos de la demanda, calefacción, refrigeración y ACS e incluso en las distintas épocas del año.

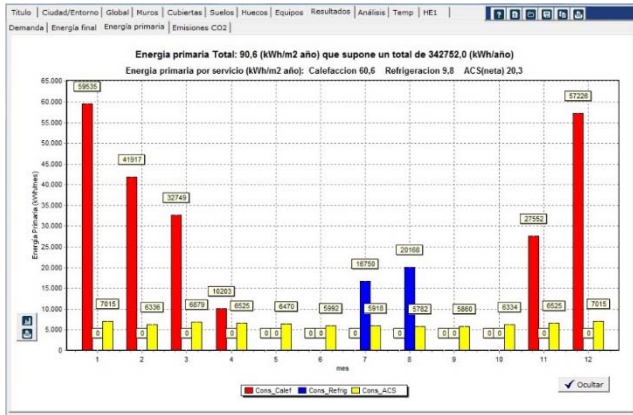


Figura 33. Resultados de energía primaria en detalle. 2014. CERMA 2.6.

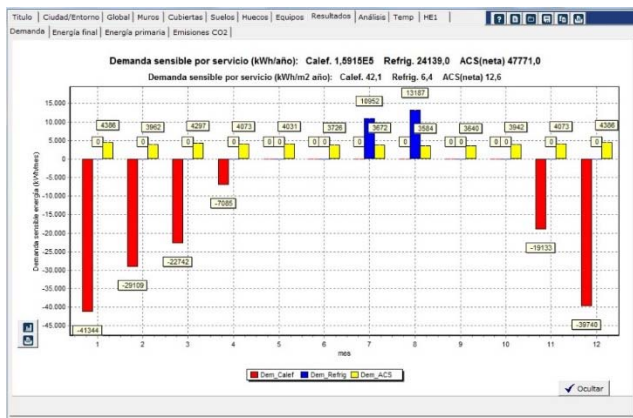


Figura 34. Resultados de demanda en detalle. 2014. CERMA 2.6.

Todas estas estadísticas nos facilitan la información suficiente para realizar la toma de decisiones respecto a las actuaciones necesarias en

caso de que se deseen acometer actuaciones encaminadas a reducir los consumos y las demandas existentes para una rehabilitación energética.

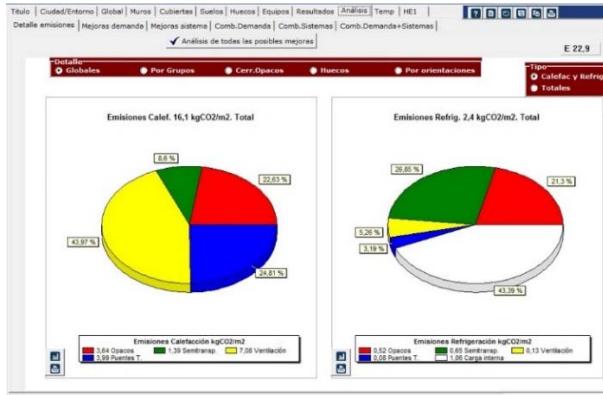


Figura 35. Análisis en detalle de emisiones globales. 2014. CERMA 2.6.

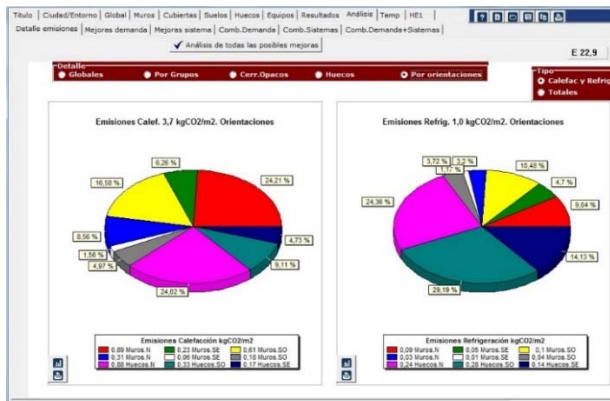


Figura 36. Análisis en detalle de emisiones por orientaciones. 2014. CERMA 2.6.

El programa también nos facilita una pantalla de ayuda en esta toma de decisiones, proporcionándonos un estudio minucioso de las distintas soluciones que podrían mejorar la calificación energética.

Tipo de datos		Calificación CO ₂ E: 23,2					
<input type="radio"/> Demanda (kWh/m ² año)	<input type="radio"/> Energ.final (kWh/m ² año)	<input type="radio"/> Energ.primaria (kWh/m ² año)	<input type="radio"/> Emisiones (kgCO ₂ /m ² año)	<input type="radio"/> Ahorros demanda %	<input type="radio"/> Ahorros energ.final %	<input type="radio"/> Ahorros energ.prim.%	<input type="radio"/> Ahorros emisiones CO ₂ %
ACS + Calefacción + Refrigeración							
Vidrio	3,3 W/m ² K (doble)			2,5 W/m ² K (doble b.emisivo)			
Marco	4,0 W/m ² K (metálico c.r.)			2,2 W/m ² K (Madera)			
Permeabilidad	27 (m ³ /hm ² 100Pa)			27 (m ³ /hm ² 100Pa)			
Cubierta+muro (λ=0,04W/m ² K) aislamiento	+20mm	+40mm	+60mm	+20mm	+40mm	+60mm	
ACS+Calef.							
Caldera	Gas Natural	%estacional=85%	<input type="checkbox"/> D 13,7	<input type="checkbox"/> D 13,3	<input type="checkbox"/> D 13,1	<input type="checkbox"/> D 12,9	<input type="checkbox"/> D 12,5
	Gasóleo C	%estacional=85%	<input type="checkbox"/> E 18,3	<input type="checkbox"/> E 17,7	<input type="checkbox"/> E 17,3	<input type="checkbox"/> E 17,1	<input type="checkbox"/> D 16,5
	GLP	%estacional=85%	<input type="checkbox"/> D 15,9	<input type="checkbox"/> D 15,5	<input type="checkbox"/> D 15,1	<input type="checkbox"/> D 14,9	<input type="checkbox"/> D 14,5
	Biomasa	%estacional=70%	<input type="checkbox"/> A 2,5	<input type="checkbox"/> A 2,6	<input type="checkbox"/> A 2,6	<input type="checkbox"/> A 2,5	<input type="checkbox"/> A 2,6
	Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	<input type="checkbox"/> D 12,6	<input type="checkbox"/> D 12,3	<input type="checkbox"/> D 12,1	<input type="checkbox"/> D 11,8	<input type="checkbox"/> D 11,5
ACS+Calef.							
Caldera	Gas Natural	%estacional=95%	<input type="checkbox"/> D 12,5	<input type="checkbox"/> D 12,2	<input type="checkbox"/> D 12,0	<input type="checkbox"/> D 11,8	<input type="checkbox"/> D 11,5
	Gasóleo C	%estacional=95%	<input type="checkbox"/> D 16,6	<input type="checkbox"/> D 16,1	<input type="checkbox"/> D 15,8	<input type="checkbox"/> D 15,5	<input type="checkbox"/> D 15,1
	GLP	%estacional=95%	<input type="checkbox"/> D 14,5	<input type="checkbox"/> D 14,1	<input type="checkbox"/> D 13,8	<input type="checkbox"/> D 13,6	<input type="checkbox"/> D 13,2
	Biomasa	%estacional=70%	<input type="checkbox"/> A 2,5	<input type="checkbox"/> A 2,6	<input type="checkbox"/> A 2,6	<input type="checkbox"/> A 2,5	<input type="checkbox"/> A 2,6
	Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	<input type="checkbox"/> D 12,6	<input type="checkbox"/> D 12,3	<input type="checkbox"/> D 12,1	<input type="checkbox"/> D 11,8	<input type="checkbox"/> D 11,5
ACS+Calef.							
Caldera	Gas Natural	%estacional=90%	<input type="checkbox"/> D 12,4	<input type="checkbox"/> D 12,0	<input type="checkbox"/> D 11,8	<input type="checkbox"/> D 11,6	<input type="checkbox"/> D 11,3
	Gasóleo C	%estacional=90%	<input type="checkbox"/> D 16,7	<input type="checkbox"/> D 16,2	<input type="checkbox"/> D 15,8	<input type="checkbox"/> D 15,6	<input type="checkbox"/> D 15,1
	GLP	%estacional=90%	<input type="checkbox"/> D 14,5	<input type="checkbox"/> D 14,0	<input type="checkbox"/> D 13,7	<input type="checkbox"/> D 13,5	<input type="checkbox"/> D 13,1
	Biomasa	%estacional=70%	<input type="checkbox"/> A 1,8	<input type="checkbox"/> A 1,9	<input type="checkbox"/> A 1,9	<input type="checkbox"/> A 1,8	<input type="checkbox"/> A 1,9
	Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	<input type="checkbox"/> D 11,9	<input type="checkbox"/> D 11,6	<input type="checkbox"/> D 11,3	<input type="checkbox"/> D 11,2	<input type="checkbox"/> D 10,8
Refr. Calef. Bomba calor							
EER=1,7 (sensible estacional)	COP=2,33	Electricidad	<input type="checkbox"/> D 16,5	<input type="checkbox"/> D 16,1	<input type="checkbox"/> D 15,8	<input type="checkbox"/> D 15,5	<input type="checkbox"/> D 15,1
Refr. Calef. Bomba calor							
EER=2,33 (sensible estacional)	COP=3	Electricidad	<input type="checkbox"/> D 13,8	<input type="checkbox"/> D 13,4	<input type="checkbox"/> D 13,2	<input type="checkbox"/> D 13,0	<input type="checkbox"/> D 12,7
Refr. Calef. Bomba calor							
EER=2,33 (sensible estacional)	COP=3	Electricidad	<input type="checkbox"/> D 13,8	<input type="checkbox"/> D 13,4	<input type="checkbox"/> D 13,2	<input type="checkbox"/> D 13,0	<input type="checkbox"/> D 12,4

Figura 37. Análisis combinado demanda y sistemas por calificación CO₂. 2014. CERMA 2.6.

En nuestro caso seleccionaremos el empleo de bombas de calor tipo inverter en calefacción y refrigeración para poder utilizar las instalaciones existentes (conductos aire), mejoraremos la instalación ACS, introduciendo energía solar térmica e incluiremos mejoras en la demanda mejorando la permeabilidad y el aislamiento de los cerramientos y huecos existentes.

Tipo de datos								
<input checked="" type="checkbox"/> Demanda (kWh/m2 año)	<input type="checkbox"/> Energ.final (kWh/m2 año)	<input type="checkbox"/> Energ.primaria (kWh/m2 año)	<input type="checkbox"/> Emisiones (kgCO2/m2 año)	<input type="checkbox"/> Calificación CO2	E 91,9			
<input type="checkbox"/> Ahorros demanda %	<input type="checkbox"/> Ahorros energ.final %	<input type="checkbox"/> Ahorros energ.prim.%	<input type="checkbox"/> Ahorros emisiones CO2 %	<input checked="" type="checkbox"/> Calif.Energ.primaria				
ACS + Calefacción + Refrigeración								
Vidrio	3,3 W/m2K (doble)		2,5 W/m2K (doble b.emisivo)					
Marco	4,0 W/m2K (metálico c.r.)		2,2 W/m2K (Madera)					
Permeabilidad	27 (m3/hm2 100Pa)		27 (m3/hm2 100Pa)					
Cubierta+muro ($\lambda = 0,04\text{W/m}^2\text{K}$) aislamiento	+20mm	+40mm	+60mm	+20mm	+40mm	+60mm		
ACS+Calef.								
Caldera	Gas Natural	%estacional=85%	<input type="checkbox"/> D 65,5	<input type="checkbox"/> D 63,6	<input type="checkbox"/> D 62,3	<input type="checkbox"/> D 61,3	<input type="checkbox"/> D 59,5	<input type="checkbox"/> D 58,2
	Gasóleo C	%estacional=85%	<input type="checkbox"/> D 69,3	<input type="checkbox"/> D 67,3	<input type="checkbox"/> D 65,9	<input type="checkbox"/> D 64,9	<input type="checkbox"/> D 62,9	<input type="checkbox"/> D 61,5
Bomba calor aire-agua	GLP	%estacional=85%	<input type="checkbox"/> D 69,3	<input type="checkbox"/> D 67,3	<input type="checkbox"/> D 65,9	<input type="checkbox"/> D 64,9	<input type="checkbox"/> D 62,9	<input type="checkbox"/> D 61,5
	Biomasa	%estacional=70%	<input type="checkbox"/> E 76,7	<input type="checkbox"/> E 74,4	<input type="checkbox"/> D 72,8	<input type="checkbox"/> D 71,7	<input type="checkbox"/> D 69,4	<input type="checkbox"/> D 67,8
		COPestacional=3	<input type="checkbox"/> D 50,4	<input type="checkbox"/> D 49,2	<input type="checkbox"/> D 48,3	<input type="checkbox"/> D 47,4	<input type="checkbox"/> D 46,2	<input type="checkbox"/> C 45,3
ACS+Calef.								
Caldera	Gas Natural	%estacional=95%	<input type="checkbox"/> D 59,6	<input type="checkbox"/> D 58,0	<input type="checkbox"/> D 56,9	<input type="checkbox"/> D 55,9	<input type="checkbox"/> D 54,3	<input type="checkbox"/> D 53,1
	Gasóleo C	%estacional=95%	<input type="checkbox"/> D 63,1	<input type="checkbox"/> D 61,3	<input type="checkbox"/> D 60,1	<input type="checkbox"/> D 58,1	<input type="checkbox"/> D 57,4	<input type="checkbox"/> D 56,1
Bomba calor aire-agua estacional	GLP	%estacional=95%	<input type="checkbox"/> D 63,1	<input type="checkbox"/> D 61,3	<input type="checkbox"/> D 60,1	<input type="checkbox"/> D 58,1	<input type="checkbox"/> D 57,4	<input type="checkbox"/> D 56,1
	Biomasa	%estacional=70%	<input type="checkbox"/> E 76,7	<input type="checkbox"/> E 74,4	<input type="checkbox"/> D 72,8	<input type="checkbox"/> D 71,7	<input type="checkbox"/> D 69,4	<input type="checkbox"/> D 67,8
		COPestacional=3	<input type="checkbox"/> D 50,4	<input type="checkbox"/> D 49,2	<input type="checkbox"/> D 48,3	<input type="checkbox"/> D 47,4	<input type="checkbox"/> D 46,2	<input type="checkbox"/> C 45,3
ACS+Calef.								
Caldera	Gas Natural	%estacional=90%	<input type="checkbox"/> D 59,7	<input type="checkbox"/> D 57,9	<input type="checkbox"/> D 56,6	<input type="checkbox"/> D 55,8	<input type="checkbox"/> D 54,0	<input type="checkbox"/> D 52,7
	Gasóleo C	%estacional=90%	<input type="checkbox"/> D 63,3	<input type="checkbox"/> D 61,4	<input type="checkbox"/> D 60,0	<input type="checkbox"/> D 58,1	<input type="checkbox"/> D 57,2	<input type="checkbox"/> D 55,8
Bomba calor aire-agua estacional	GLP	%estacional=90%	<input type="checkbox"/> D 63,3	<input type="checkbox"/> D 61,4	<input type="checkbox"/> D 60,0	<input type="checkbox"/> D 58,1	<input type="checkbox"/> D 57,2	<input type="checkbox"/> D 55,8
	Biomasa	%estacional=70%	<input type="checkbox"/> E 74,0	<input type="checkbox"/> D 71,6	<input type="checkbox"/> D 70,0	<input type="checkbox"/> D 69,0	<input type="checkbox"/> D 66,7	<input type="checkbox"/> D 65,0
		COPestacional=3	<input type="checkbox"/> D 47,7	<input type="checkbox"/> D 46,4	<input type="checkbox"/> C 45,4	<input type="checkbox"/> C 44,7	<input type="checkbox"/> C 43,4	<input type="checkbox"/> C 42,4
Refr. Calef. Bomba calor								
EER=1,7 (sensible estacional)	Electricidad	<input type="checkbox"/> D 69,0	<input type="checkbox"/> D 67,3	<input type="checkbox"/> D 66,1	<input type="checkbox"/> D 65,1	<input type="checkbox"/> D 63,4	<input type="checkbox"/> D 62,2	
Refr. Calef. Bomba calor								
EER=2,33 (sensible estacional)	Electricidad	<input type="checkbox"/> D 58,0	<input type="checkbox"/> D 56,7	<input type="checkbox"/> D 55,7	<input type="checkbox"/> D 55,0	<input type="checkbox"/> D 53,6	<input type="checkbox"/> D 52,7	

Figura 38. Análisis combinado demanda y sistemas por ahorro calificación energía primaria. 2014. CERMA 2.6.

Todos estos planteamientos, una vez transmitidos a nuestro cliente irán facilitando el conjunto de decisiones que nos llevarán al planteamiento final.

En nuestro caso, hemos buscado una reducción del consumo como elemento más importante, aplicando soluciones funcionales y teniendo en cuenta la rentabilidad de las soluciones. Para conseguir esto, iremos introduciendo modificaciones paso a paso en el programa, comparando el consumo energético en cada estado y anotando así por diferencia el consumo anual ahorrado con cada una de estas medidas para así, poder estudiar posteriormente y por separado la rentabilidad de cada una de ellas.

Tipo de datos:		<input type="radio"/> Demanda (kWh/m ² año)		<input type="radio"/> Energ.final (kWh/m ² año)		<input type="radio"/> Energ.primaria (kWh/m ² año)		<input type="radio"/> Emisiones (kgCO ₂ /m ² año)		<input type="radio"/> Calificación CO ₂ 91,9 kWh	
		<input type="radio"/> Ahorros demanda %		<input type="radio"/> Ahorros energ.final %		<input checked="" type="radio"/> Ahorros energ.prim.%		<input type="radio"/> Ahorros emisiones CO ₂ %		<input type="radio"/> Calif.Energ.primaria	
ACS + Calefacción + Refrigeración											
		Vidrio _____ 3,3 W/m ² K (doble) _____ 2,5 W/m ² K (doble b.emisivo) _____		Marco _____ 4,0 W/m ² K (metálico c.r.) _____ 2,2 W/m ² K (Madera) _____		Permeabilidad _____ 27 (m ³ /hm ² 100Pa) _____ 27 (m ³ /hm ² 100Pa) _____		Cubierta+muro (λ=0,04W/m ² K) aislamiento _____ +20mm _____ +40mm _____ +60mm _____		_____ +20mm _____ +40mm _____ +60mm _____	
ACS+Caldef.											
Caldera		Gas Natural	ηestacional=85%	-28,80	-30,79	-32,23	-33,33	-35,30	-36,74		
		Gasóleo C	ηestacional=85%	-24,62	-26,77	-28,33	-29,46	-31,59	-33,14		
		GLP	ηestacional=85%	-24,62	-26,77	-28,33	-29,46	-31,59	-33,14		
		Biomasa	ηestacional=70%	-16,60	-19,05	-20,83	-22,04	-24,48	-26,24		
		Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	-45,13	-46,50	-47,49	-48,44	-49,79	-50,77		
ACS+Caldef.											
Caldera		Gas Natural	ηestacional=95%	-35,15	-36,90	-38,17	-39,21	-40,94	-42,20		
		Gasóleo C	ηestacional=95%	-31,41	-33,30	-34,67	-35,74	-37,62	-38,98		
		GLP	ηestacional=95%	-31,41	-33,30	-34,67	-35,74	-37,62	-38,98		
		Biomasa	ηestacional=70%	-16,60	-19,05	-20,83	-22,04	-24,48	-26,24		
		Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	-45,13	-46,50	-47,49	-48,44	-49,79	-50,77		
Refr.											
EER=1,7 (sensible) estacional		Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	-45,13	-46,50	-47,49	-48,44	-49,79	-50,77		
ACS+Caldef.											
Caldera		Gas Natural	ηestacional=90%	-35,09	-37,04	-38,45	-39,36	-41,30	-42,70		
		Gasóleo C	ηestacional=90%	-31,14	-33,24	-34,76	-35,71	-37,79	-39,30		
		GLP	ηestacional=90%	-31,14	-33,24	-34,76	-35,71	-37,79	-39,30		
		Biomasa	ηestacional=70%	-19,54	-22,07	-23,91	-24,97	-27,50	-29,33		
		Bomba calor aire-agua	COPestacional=3	-40,07	-49,52	-50,57	-51,37	-52,01	-53,85		
Refr. Calef. Bomba calor											
EER=1,7 COP=2,33 (sensible estacional)		Electricidad		-24,92	-26,77	-28,11	-29,17	-31,00	-32,33		
Refr. Calef. Bomba calor											
EER=2,33 COP=3 (sensible estacional)		Electricidad		-36,93	-38,38	-39,44	-40,23	-41,67	-42,72		

Figura 39. Análisis demanda - sistemas ahorro energía final. 2014. CERMA 2.6.

El programa nos aporta también el estudio de la temperatura existente durante el año que forma la demanda actual.

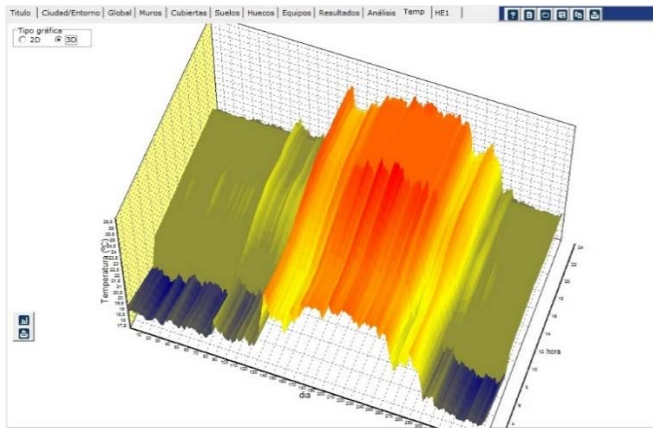


Figura 40. Temperatura interior 3D. 2014. CERMA 2.6.

El programa también nos proporciona los datos necesarios para corregir los incumplimientos respecto a la HE1, que necesitaríamos corregir para adaptar el edificio a la normativa actual.

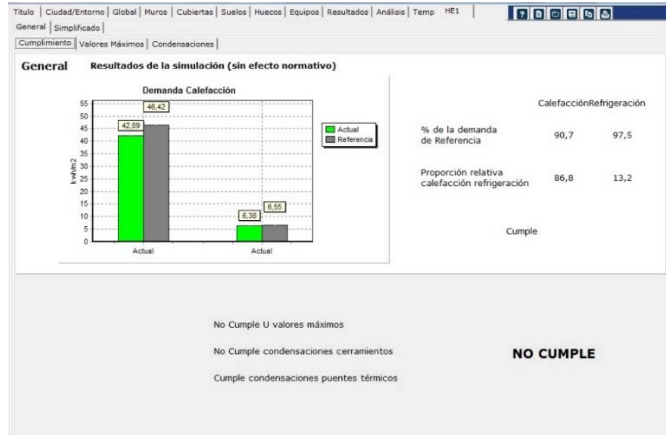


Figura 41. Cumplimiento HE1. 2014. CERMA 2.6.

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. Valores máximos

CERRAMIENT	U(PROYECTO)	U(MAX)	CUMPLIMEN
Muros de fachada	0,47	1,07	Cumple
Plomer meteo del perímetro de suelos apoyados y muros en con	---	1,07	Cumple
Particiones interiores en contacto con espacio no habitable	---	1,07	Cumple
Suelos	2,40	0,66	No cumple
Cubiertas	0,43	0,59	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	5,70	5,70	Cumple
Mediosmuros	0,87	1,07	Cumple
Particiones interiores (edificios de viviendas)	---	1,20	Cumple
Impermeabilidad Huecos	105,00	50,00	No cumple

Figura 42. Cumplimiento HE1. Valores máximos. 2014. CERMA 2.6.

C:\Users\ITECEE\Desktop\Documentos de trabajo\Calificación\Silxet

Título | Ciudad/Entorno | Global | Mursos | Cubiertas | Suelos | Huecos | Equipos | Resultados | Análisis | Temp | HE1

General | Simplificado |

Cumplimiento | Valores Máximos | Condensaciones |

Cerramientos exteriores

TIPO	NOMBRE	F1	F2	CAPA0	CAPA1	CAPA2	CAPA3	CAPA4	CAPA5	CAPA6	CAPA7	CAPA8	CAPA9	CUMPLE
MuecExt1	FS 1 C	IRsi	0,88	920	940	1071	1079	1163	1275	1286				Cumple
MuecExt1	FS 1 C	IRs,ext	0,43	1207	1208	1363	1411	1806	1873	1884				Cumple
TechExt1	CS 12 Fojado unidireccional d	IRsi	0,89	920	923	923	969	969	995	1259	1266	1286		Cumple
TechExt1	CS 12 Fojado unidireccional d	IRs,ext	0,43	1205	1211	1216	1218	1222	1507	1509	1531	1843	1958	Cumple
SuelExt1	SE01.31 Capa de moqueta-FU con IRsi	IRsi	0,40	1286	1283	1279	923	920						Cumple
SuelExt1	SE01.31 Capa de moqueta-FU con IRs,ext	IRs,ext	0,43	1531	1525	1512	1349	1338						No Cumple

Puentes térmicos

TIPO	NOMBRE	FRSI	FRS,MIN	CUMPLE
Encuentros horizontales fachada	Fachadas	0,72	0,43	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Cubiertas	0,71	0,43	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Suelo Exterior	0,71	0,43	Cumple
Puentes verticales fachada	Equana saliente	0,79	0,43	Cumple
Pilares		0,93	0,43	Cumple
Terreno		0,73	0,43	Cumple

Figura 43. Cumplimiento HE1. Condensaciones. 2014. CERMA 2.6.

El edificio está construido ajustado a normativa anterior al CTE y no cumple algún aspecto que intentaremos corregir.

Capítulo 5.

Medidas de mejora

Para mejorar la eficiencia energética del edificio, tenemos tres vías posibles:

- 1) Reducir la demanda de energía con un edificio más eficiente.
- 2) Reducir el consumo de energía con equipos más eficientes.
- 3) Reducir la demanda y el consumo, haciendo el edificio y los equipos más eficientes.

Además, queremos comprobar su rentabilidad, ya que no es válida una solución que suponga un mayor coste que el obtenido por su reducción de consumo, ni soluciones que supongan periodos muy elevados de amortización que impedirían su recuperación.

El ajuste sobre la demanda en exclusiva permitiría reducir el tamaño de las instalaciones (menor potencia) lo que podría suponer un menor coste.

El ajuste sobre del consumo sin tocar la demanda implicará necesariamente tener unas instalaciones con mayor eficiencia (mejor rendimiento) lo que supondría, casi con toda seguridad, un mayor coste.

Por tanto, el camino para mejorar la clase de eficiencia energética reduciendo los costes, necesariamente debería pasar por la mejora de la composición arquitectónica y de las instalaciones a la vez y de forma simultánea.

Para reducir la demanda de calefacción, el objetivo es reducir las pérdidas de calor por la envolvente térmica y maximizar las ganancias solares, reduciendo la transmitancia térmica de fachadas, cubiertas, suelos exteriores y huecos con un mayor aislamiento.

Para reducir la demanda de refrigeración el objetivo es minimizar las ganancias de calor por radiación a través de los huecos, instalando elementos de protección solar o vidrios especiales y produciendo la ventilación en el momento del día que la temperatura del aire es más baja.

Por tanto, las medidas sobre la demanda de calefacción incidirán sobre las de refrigeración y a la inversa, lo que nos obliga a buscar el punto de equilibrio que mejora el conjunto.

Mejoras en la Envolvente térmica

El incremento en el espesor de los materiales aislantes térmicos de las fachadas, suelos y cubiertas, la mejora de los huecos, marcos y vidrios, así como la reducción de las infiltraciones.

Comenzaremos por los elementos que no cumplan el CTE, intentando adaptar nuestro edificio, para posteriormente mejorar el resto de aspectos.

Los precios que se emplean se han obtenido mediante el empleo de los precios descompuestos procedentes del banco de precios de Cype

Ingenieros SA, para la Región de Murcia, actualizados al año 2012 y que se pueden consultar en el Anexo 7.

Primera. Mejora del aislamiento del suelo exterior existente en planta primera que no cumple la U máxima. Para ello empleamos aislamiento exterior de 4 cm mediante la proyección de espuma de poliuretano cubierto por un falso techo. La superficie total de esta unidad es de 48,4 m². Con esta medida, pasa de E90.5 a E88.6 que hacen un total de **1,1 kWh/m²año**.

El coste de un falso techo registrable formado por bandejas de acero galvanizado prelacado, acabado liso, color blanco, de 600x600 mm y 0,5 mm de espesor, con perfilería vista es de 30 €/m².

El aislamiento formado por una espuma rígida de poliuretano proyectado de 40 mm de espesor mínimo, 35 kg/m³ de densidad mínima, aplicado mediante proyección mecánica tiene un precio medio de 10 €/m². Coste total de la inversión es de **1.936 €**

Segunda. Con el fin de eliminar las infiltraciones existentes, hemos introducido el empleo de doble ventana, sin rotura de puente térmico. Con esta medida, pasa de E88.6 a E79.6 lo que supone una reducción de **9,0 kWh/m²año**.

Si en vez de poner dobles ventanas, sustituimos las ventanas incluyendo rotura de puente térmico y cajas de persianas estancas, sin incluir vidrios mejorados, mejorarían las infiltraciones existentes, pero obtenemos unos resultados inferiores. Con esta mejora pasa de E88.6 a E85.8 lo que supone una reducción de 2,8 kWh/m²año (teniendo en cuenta el total de la superficie de huecos de 611 m²).

El precio de una ventana sin rotura de puente térmico es de 220-285 €/m², y el incremento por incluir rotura de puente térmico es aproximadamente de 75 €/m².

Con estos precios estimamos la inversión en ventanas normales de **154.183 €** y de **200.071 €** en ventanas con rotura de puente térmico.

Tercera. Como último paso para rehabilitar la envolvente deberemos aumentar el aislamiento térmico de las fachadas. El sistema que hemos elegido, por ser el que nos asegura la eliminación de puentes térmicos, es el que recoge el documento 02 del IDAE "Sistemas de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica en los Edificios". El sistema se puede componer de paneles EPS, MW, PUR conformado, XPS y otros encolados, encolados y fijados o fijados mecánicamente. Los acabados posibles, pueden reproducir el acabado actual por lo que estéticamente no sufriría cambios. En nuestro caso hemos colocado 2402,7 m² de un PUR conformado de 4 cm con revestimiento de mortero de cemento. (Sistema ETICS weber.therm "WEBER CEMARKSA" de aislamiento exterior de fachadas con revestimiento mineral.) Con esta última modificación nuestro edificio cumple la HE1. Pasa de E79.6 a E74.2 lo que supone una reducción de **5,4 kWh/m²año**.

Si consideramos que quedan aislados exteriormente los puentes térmicos de pilares y cantos de forjados que vimos mediante la inspección termográfica, obtenemos una reducción de energía primaria de **4,9 kWh/m²año** que se suman a la anterior.

Precio medio 55 €/m².

Coste de la inversión estimado **99.925 €**

Simplificado

ORI	SUP_CERRA	SUP_C_PER	SUP_HUECOS	POR_HUECOS	APLICABLE
NI	995,90	...	295,20	22,26	Aplicable
E	...	...	...	...	Aplicable
SD	740,20	1,40	193,01	19,79	Aplicable
S	...	...	...	...	Aplicable
SE	335,00	...	123,69	26,92	Aplicable
O	...	...	...	...	Aplicable
Hz	1141,00	...	...	...	Aplicable

Aplicable

Cumple U valores máximos
 Cumple U medios muros fachada
 Cumple U medios y F medios huecos
 Cumple U medios cerr. contacto terreno
 Cumple U medios suelos
 Cumple U medios cubiertas y lucernarios
 Cumple F medios lucernarios
 Cumple condensaciones cerramientos
 Cumple condensaciones puentes térmicos

CUMPLE

Puentes térmicos integrados
 Sin contabilizar puentes térmicos integrados
 Contabilizando puentes térmicos integrados

Figura 44. Cumplimiento HE1. Condensaciones cerramientos exteriores. 2014. CERMA 2.6.

Cuarta. Una vez alcanzado el cumplimiento de la HE1 y para seguir mejorando la demanda aumentamos el aislamiento de la cubierta añadiendo una nueva capa de 4 cm de XPS. Con esta modificación pasa de E74.2 a D72.8 lo que supone una reducción de **1,5 kWh/m²año**.

Coste estimado 24 €/m².

Coste estimado de la inversión **27.384 €**

Quinta. A continuación, con el fin de intentar reducir la demanda de aire acondicionado en verano, introduciremos protecciones solares mediante el empleo de pequeños voladizos ligeros de aluminio de 40 cm en todo el ancho de la ventana, sobre los huecos que no están protegidos por voladizo de las fachadas exteriores. Con esta modificación obtenemos un empeoramiento del consumo global pues reducimos la demanda en verano pero aumenta la de calefacción, pasando de D72.8 a D72.9 kWh/m².

Sexta. Empleo de cristales especiales bajo emisivos y/o de control solar. Con el fin de establecer un balance anual introducimos al vidrio la característica de control solar. Un planilux con planitherm-s y cámara de argón, obteniendo mediante el cálculo con el programa Calumen II valores de U 2,1 W/m^2K y factor solar 0,52 que introducimos en Cerma. Éste se coloca en las fachadas exteriores no orientadas a Norte.

Una vez vistos los resultados, descartamos el empleo de vidrios de control solar ya que se obtiene un aumento del consumo de energía primaria similar a lo ocurrido con los voladizos, al realizar el balance entre invierno y verano.

Se comprueba que con el empleo de vidrios bajo emisivos en todas las fachadas ($516 m^2$) se obtienen mejorías, pasando de E74.2 a D70.1 lo que supone un ahorro de **4,1 kWh/m²año**.

El coste de la inversión por diferencia es de **12.946 €**

(Coste del vidrio 4/6/4 30 €/m². Coste vidrio 4/6/4 bajo emisivo 55 €/m². Coste de la inversión en V normal 15480 €. Coste de la inversión en V bajo emisivo 28426 €.)



Figura 45. Cálculo de vidrios. 2014. CALUMEN II.

Séptima. Analizamos por último el empleo de ventanas con rotura de puente térmico. Con esta modificación se obtiene un ahorro que pasa de D70.1 a D68.7 lo que supone una reducción de **1,4 kWh/m²año**. Coste estimado de la inversión por diferencia **45.888 €**

Con esta unidad, finalizamos el análisis de la envolvente desde el punto de vista energético, aunque se deberá completar con un análisis económico que compruebe su viabilidad económica. Pasa de E90.5 a D68.7, lo que supone un ahorro global de **21,8 kWh/m²año**.

Mejoras de las instalaciones

Octava. Como paso inicial para garantizar el confort de las viviendas incluiremos los equipos de aire acondicionado en todas las viviendas empleando la pre-instalación existente en cada vivienda. Los equipos serán de alta eficiencia energética frío – calor con un EER superior a 3,2 por lo que elegiremos equipos calificados energéticamente como A o superior. La potencia de refrigeración y calefacción será del orden de 80 W/m² y por tanto una potencia total en torno a 310 Kw.

Tenemos catorce viviendas tipo 1 con superficie útil en torno a 98 m², 7,8 Kw. Para una marca cualquiera como podría ser la serie sky air inverter de Daikin, seleccionamos los equipos BQSG100C8 con 9,5 / 7,6 Kw. Tenemos treinta y dos viviendas tipo 2 y 3 con superficie útil en torno 77m², 6.2 Kw seleccionamos BQSG71C8 con 6.8 / 6 Kw.

SKY AIR

SKY AIR SEASONAL CLASSIC

Conductos
Inverter / Sky Air Seasonal Classic

Seasonal Classic

CONJUNTOS DE CONDUCTOS		BQ35CB*	BQ50CB*	BQ60CB*	BQSG71CB	BQSG100CB	BQSG125CB	BQSG140CB		
Capacidad	Refrigeración	Nominal	W	3.400	5.500	5.700	6.800	9.500	12.000	13.400
	Calefacción	Nominal	kcal	2.924	4.730	4.902	5.850	8.170	10.325	11.530
Consumo	Refrigeración	W	4.400	5.800	7.000	7.500	10.800	13.500	15.500	
	Calefacción	Nominal	kcal	3.440	4.988	6.020	6.450	9.290	11.615	13.335
Conexiones	Líquido	mm	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	
	Gas	mm	ø 9,5 (3/8")	ø 12,7 (1/2")	ø 12,7 (1/2")	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")	
Alimentación eléctrica	Al hilo de conexión	mm	3 + 1	3 + 1	3 + 1	3 + 1	3 + 1	3 + 1	3 + 1	
	EER / COP	Refrigeración / Calefacción	3,21 / 3,60	3,03 / 3,42	3,06 / 3,41	3,08 / 3,61	3,31 / 3,65	3,21 / 3,51	3,02 / 3,41	
Etiqu. efic. energ.	Refrigeración / Calefacción	A / A	B / B	A / B	A / A	A / A	A / B	B / B		
	SEER / SCOP*	Refrigeración / Calefacción	5,97 / 3,93	5,85 / 3,85	5,77 / 3,80	5,81 / 3,88	5,50 / 4,01	5,20 / 3,90	-	
Clasif. de diseño	Refrigeración / Calefacción	A+ / A+	A+ / A	A+ / A	A+ / A	A / A	A / A	-		
	Pdesign**	Refrigeración (-10°C)	3,50	4,90	5,70	6,80	9,50	12,00	-	
Consumo energía anual estacional	Refrigeración	kWh	205	293	349	410	604	807	-	
	Calefacción	kWh	1.033	1.584	1.693	2.166	2.653	2.727	-	

Figura 46. Datos Técnicos equipos. 2014. Catalogo Daikin 2014.

Se obtiene un E78.1 lo que supone una reducción de **2,0 kWh/m²año**. El coste previsto de la inversión es de **127.500 €**

Debemos tener en cuenta que la inexistencia de equipos, supone una diferencia importante ya que CERMA hace sus cálculos por defecto, suponiendo en refrigeración el empleo de un sistema eléctrico con un EER sensible estacional de 1,70 y para calefacción un sistema con Gasóleo C, con un rendimiento medio estacional de 0,75 por lo que en el coste de mejoras deberíamos descontar el coste de estos equipos que no están instalados y considerar solamente el incremento de coste por la mejora en los equipos. En este caso si descontásemos el coste de un equipo normal que no sea inverter, el coste de las mejoras realmente sería de **23.500 €**

Novena. Sustitución de los equipos de ACS, por otros de alto rendimiento, (Vaillant AutoMAG exclusiv TF ES 11-2/0), suponen un

ahorro global de **7,6 kWh/m²año**. El coste previsto de la inversión es de **23.000 €**

Empleo de Renovables

Décima. La incorporación de energía solar para producción de un 70 % de ACS, supone una reducción del consumo energético de **30,1 kWh/m²año**. El coste estimado de la inversión es de **142.600**.

Tipo de aparato	Unidad	atmoMAG exclusiv TF	
		ES 11-2/0	ES 14-2/0
Tipo de gas		natural/GLP	natural/GLP
Características			
Cámara de combustión		Tiro forzado	Tiro forzado
Caudal de agua (ΔT=25 K)	l/min	11,2	13,6
Encendido		Electrónico	Electrónico
Modulación		Automática	Automática
Selección salto térmico (ΔT)	K	Ajustable	Ajustable
Funcionamiento			
Consumo calorífico nominal	kW	22,6	26,9
Potencia nominal	kW	19,2	23,7
Potencia nominal	kcal	16.770	20.382
Modulación de potencia	kW	8,6 - 19,5	8,6 - 23,7
Rendimiento nominal	%	87	88
Caudal mínimo de agua	l/min	2,2	2,2
Alimentación eléctrica	V/Hz	220/50	220/50
Presión mínima de arranque (dinámica)	bar	0,2	0,2
Presión máxima permitida (estática)	bar	13	13
Conexiones			
Entrada/salida de agua	"	R 1/2	R 1/2
Toma de gas	"	R 1/2, 12 x 1	R 1/2, 12 x 1
Diámetro salida P.D.C.	mm	80	80
Peso	kg	21,4	21,4
Dimensiones			
Altura	mm	682	682
Anchura	mm	352	352
Profundidad	mm	266	266
Datos de combustión			
Temperatura de P.D.C.	°C	186	198
Caudal de P.D.C.	g/s	11,5	11,5
Certificado CE		1312BP4018	1312BP4018

Figura 47. Datos Técnicos. 2014. Catalogo Vaillant 2014.

Resultado. El resultado obtenido con las opciones indicadas anteriormente:

- doble ventana con cristales bajo emisivos
- aislamiento exterior de fachadas
- aislamiento en suelo exterior
- nueva definición de instalaciones

definen la nueva calificación energética del edificio, pasando a una **clase C**, con un consumo de *energía primaria* de $35,6 \text{ kWh/m}^2$ y unas emisiones totales de CO_2 de $8,7 \text{ Kg/m}^2$.

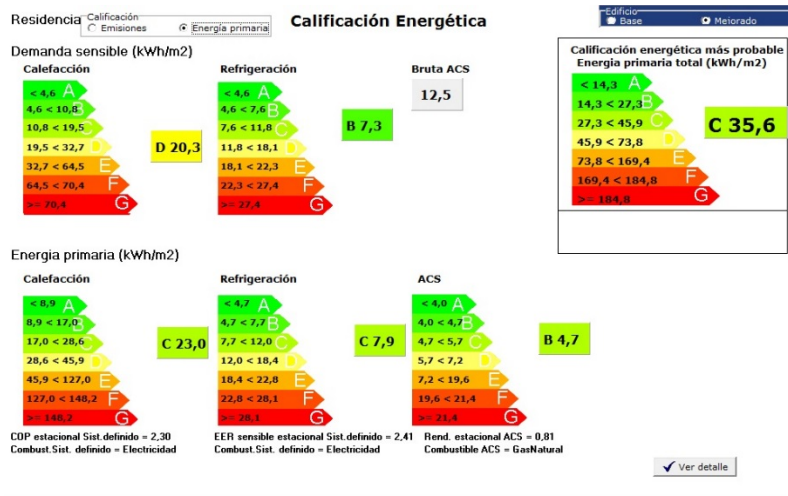


Figura 48. Calificación energética mejorada. 2014. CERMA 2.6.

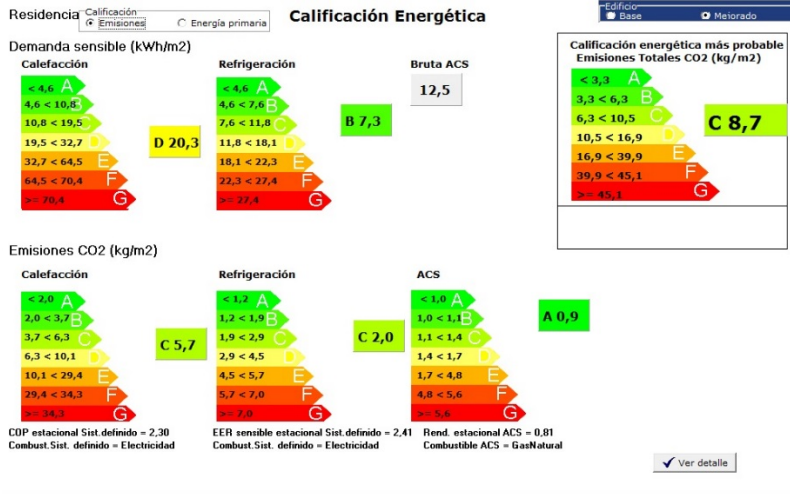


Figura 49. Calificación energética mejorada. 2014. CERMA 2.6.

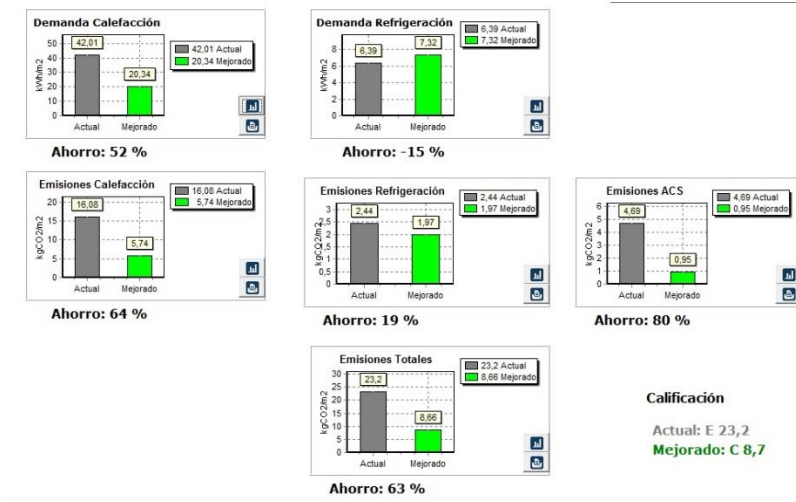


Figura 50. Estudio de mejoras aplicadas. 2014. CERMA 2.6.

3 Análisis de propuestas de mejora. Viabilidad económica

Las propuestas de mejoras deben detectar dónde están los puntos de mejora energética y al final proponer de una forma ordenada la aplicación de estas mejoras energéticas, de forma que quede cuantificado el ahorro, la inversión y su amortización.

Para ello vamos a emplear el sistema de análisis de inversiones, denominado el método VAN. El Valor Actual Neto de una inversión es la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable, y entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que si colocamos los fondos en él invertidos en el mercado financiero con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada.

Para fijar el valor para la tasa de interés, existen diferentes alternativas como pueden ser:

- a) Tasa de descuento ajustada al riesgo empleando un Interés obtenido del dinero empleado en inversiones sin riesgo (deuda pública) + (prima de riesgo).
- b) Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.
- c) Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.
- d) Coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.

e) Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo, incluyendo todas sus posibles utilidades.

La principal ventaja de este método es, que al homogeneizar los flujos netos de Caja a un mismo momento de tiempo ($t=0$), reduce a una unidad de medida común cantidades de dinero generadas (o aportadas) en momentos de tiempo diferentes. Además, admite introducir en los cálculos, flujos de signo positivos y negativos (entradas y salidas) en los diferentes momentos del horizonte temporal de la inversión, sin que por ello se distorsione el significado del resultado final.

Dado que el VAN depende muy directamente de la tasa de actualización, el aspecto más conflictivo de este método es la elección de la tasa utilizada, siempre discutible. Sin embargo, a efectos de “homogeneización”, la tasa de interés elegida hará su función indistintamente de cual haya sido el criterio para fijarla.

$$\text{VAN} = -A + \frac{Q_1}{(1+k_1)} + \frac{Q_2}{(1+k_1) \cdot (1+k_2)} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k_1) \cdot \dots \cdot (1+k_n)}$$

- VAN = Valor Actual Neto de la Inversión.

- A = Valor de la Inversión Inicial.

- Q_i = Valor neto de los distintos flujos de caja. Se trata del valor neto, así cuando en un mismo periodo se den flujos positivos y negativos será la diferencia entre ambos flujos.

- k_i = Tasa de retorno del periodo.

El VAN también puede expresarse como un índice de rentabilidad, llamado Valor neto actual relativo, expresado bajo la siguiente fórmula en tanto por 1 o tanto por cien:

VAN de la inversión/Inversión

Se indican a continuación los parámetros que vamos a emplear para el cálculo del VAN.

Datos económicos:

Incremento anual del precio de la energía	4,50 %
Tipo de interés o coste de oportunidad	2,10 %

Precio asociado a combustibles:

Gas Natural	0,070 €/kWh	GLP	0,080 €/kWh
Gasóleo C	0,090 €/kWh	Carbón	0,150 €/kWh
Electricidad	0,180 €/kWh	Biocarburante	0,090 €/kWh
Biomasa	0,050 €/kWh	Electricidad AC	0,180 €/kWh

A continuación, se analiza mediante este método cada una de las medidas de mejora adoptadas en apartados anteriores.

A priori no deberíamos considerar medidas con un periodo de amortización muy elevado. Hemos puesto límite en 25 años para las medidas de mejora arquitectónicas y 15 años para las medidas de

mejora de los equipos. Se podría considerar como caso especial el equipo de refrigeración y calefacción, ya que al no existir previamente se podría tomar como una necesidad más que como una mejora al ser imprescindible para obtener las condiciones mínimas de confort.

Primera. Aislamiento del suelo exterior. Reducción de energía primaria de 1,1 kWh/m²año. Coste de la inversión 1.936 €.

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m ²	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	1.936,00	1,10	4.159,87	0,18	0,00	-1.936,00	0,00	-1.936,00	
1				0,19	748,78	-1.187,22	733,38	-1.202,62	
2				0,20	782,47	-404,75	750,61	-452,01	
3				0,21	817,68	412,93	768,26	316,25	16,34
4				0,21	854,48	1.267,41	786,32	1.102,57	
5				0,22	892,93	2.160,34	804,80	1.907,37	
6				0,23	933,11	3.093,45	823,72	2.731,09	
7				0,24	975,10	4.068,55	843,08	3.574,17	
8				0,26	1.018,98	5.087,53	862,90	4.437,07	
9				0,27	1.064,84	6.152,37	883,18	5.320,25	
10				0,28	1.112,75	7.265,12	903,94	6.224,20	
11				0,29	1.162,83	8.427,95	925,19	7.149,39	
12				0,31	1.215,15	9.643,11	946,94	8.096,33	
13				0,32	1.269,84	10.912,94	969,20	9.065,53	
14				0,33	1.326,98	12.239,92	991,98	10.057,51	
15				0,35	1.386,69	13.626,61	1.015,30	11.072,81	

Figura 51. Cálculo VAN primera opción. 2014. Propia.

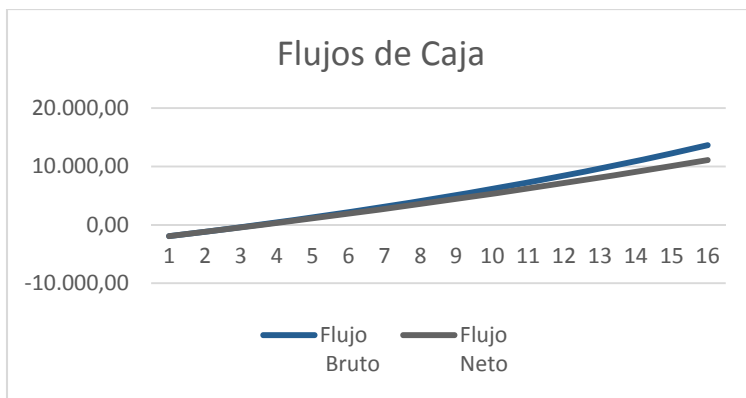


Figura 52. Gráfico Flujos de Caja VAN primera opción. 2014. Propia.

Segunda. Doble ventana. Reducción del consumo de energía primaria estimado de 9,0 kWh/m²año. Coste de inversión de 200.071 €.

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	200.071,00	9,00	34.035,30	0,18	0,00	-200.071,00	0,00	-200.071,00	
1				0,19	6.126,35	-193.944,65	6.000,35	-194.070,65	
2				0,20	6.402,04	-187.542,61	6.141,39	-187.929,26	
3				0,21	6.690,13	-180.852,47	6.285,75	-181.643,51	
4				0,21	6.991,19	-173.861,29	6.433,51	-175.210,00	
5				0,22	7.305,79	-166.555,50	6.584,74	-168.625,26	
6				0,23	7.634,55	-158.920,94	6.739,52	-161.885,73	
7				0,24	7.978,11	-150.942,84	6.897,94	-154.987,79	
8				0,26	8.337,12	-142.605,72	7.060,09	-147.927,70	
9				0,27	8.712,29	-133.893,42	7.226,05	-140.701,66	
10				0,28	9.104,34	-124.789,08	7.395,90	-133.305,75	
11				0,29	9.514,04	-115.275,04	7.569,76	-125.736,00	
12				0,31	9.942,17	-105.332,87	7.747,69	-117.988,30	
13				0,32	10.389,57	-94.943,30	7.929,81	-110.058,49	
14				0,33	10.857,10	-84.086,20	8.116,21	-101.942,28	
15				0,35	11.345,67	-72.740,53	8.307,00	-93.635,28	
16				0,36	11.856,23	-60.884,30	8.680,81	-84.954,47	
17				0,38	12.389,76	-48.494,55	9.071,45	-75.883,02	
18				0,40	12.947,29	-35.547,25	9.479,66	-66.403,36	
19				0,42	13.529,92	-22.017,33	9.906,25	-56.497,11	
20				0,43	14.138,77	-7.878,56	10.352,03	-46.145,08	
21				0,45	14.775,01	6.896,46	10.817,87	-35.327,21	
22				0,47	15.439,89	22.336,34	11.304,67	-24.022,54	
23				0,50	16.134,68	38.471,03	11.813,38	-12.209,15	
24				0,52	16.860,75	55.331,77	12.344,99	135,83	0,07
25				0,54	17.619,48	72.951,25	12.900,51	13.036,35	

Figura 53. Calculo VAN segunda opción. 2014. Propia.

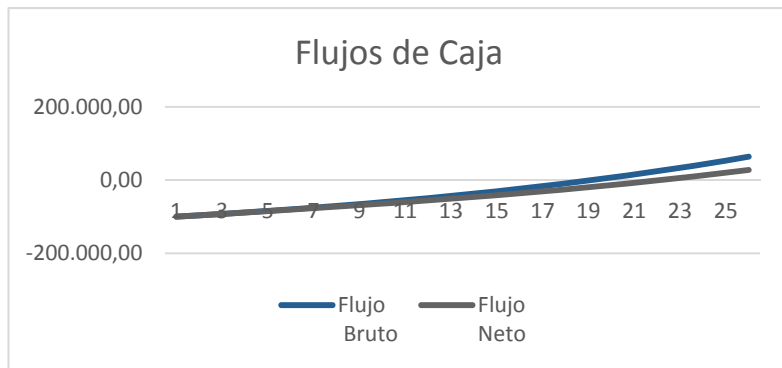


Figura 54. Gráfico Flujos de Caja VAN segunda opción. 2014. Propia.

Tercera. Aislamiento térmico de fachadas al exterior. Reducción del consumo de energía primaria estimado de 10,3 kWh/m²año. Coste de la inversión 99.925 €

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	99.925,00	10,30	38.951,51	0,18	0,00	-99.925,00	0,00	-99.925,00	
1				0,19	7.011,27	-92.913,73	6.867,06	-93.057,94	
2				0,20	7.326,78	-85.586,95	7.028,48	-86.029,45	
3				0,21	7.656,48	-77.930,47	7.193,70	-78.835,76	
4				0,21	8.001,03	-69.929,44	7.362,79	-71.472,96	
5				0,22	8.361,07	-61.568,37	7.535,87	-63.937,09	
6				0,23	8.737,32	-52.831,05	7.713,01	-56.224,09	
7				0,24	9.130,50	-43.700,55	7.894,31	-48.329,77	
8				0,26	9.541,37	-34.159,18	8.079,88	-40.249,89	
9				0,27	9.970,73	-24.188,44	8.269,81	-31.980,08	
10				0,28	10.419,42	-13.769,02	8.464,20	-23.515,88	
11				0,29	10.888,29	-2.880,73	8.663,16	-14.852,72	
12				0,31	11.378,26	8.497,53	8.866,80	-5.985,91	
13				0,32	11.890,29	20.387,82	9.075,23	3.089,32	3,09
14				0,33	12.425,35	32.813,16	9.288,56	12.377,87	
15				0,35	12.984,49	45.797,65	9.506,90	21.884,77	
16				0,36	13.568,79	59.366,44	9.934,71	31.819,47	
17				0,38	14.179,39	73.545,83	10.381,77	42.201,24	
18				0,40	14.817,46	88.363,29	10.848,95	53.050,19	
19				0,42	15.484,24	103.847,54	11.337,15	64.387,34	
20				0,43	16.181,04	120.028,57	11.847,32	76.234,66	
21				0,45	16.909,18	136.937,75	12.380,45	88.615,11	
22				0,47	17.670,10	154.607,85	12.937,57	101.552,68	
23				0,50	18.465,25	173.073,10	13.519,76	115.072,45	
24				0,52	19.296,19	192.369,29	14.128,15	129.200,60	
25				0,54	20.164,51	212.533,80	14.763,92	143.964,52	

Figura 55. Cálculo VAN tercera opción. 2014. Propia.

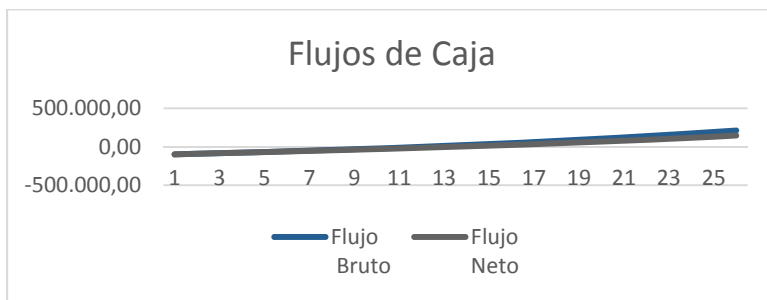


Figura 56. Gráfico Flujos de Caja VAN tercera opción. 2014. Propia.

Cuarta. Aumento del aislamiento de la cubierta. Reducción del consumo de energía primaria de 1,5 kWh/m²año. Coste de la inversión 27.384 €.

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	27.384,00	1,50	5.672,55	0,18	0,00	-27.384,00	0,00	-27.384,00	
1				0,19	1.021,06	-26.362,94	1.000,06	-26.383,94	
2				0,20	1.067,01	-25.295,93	1.023,57	-25.360,38	
3				0,21	1.115,02	-24.180,91	1.047,63	-24.312,75	
4				0,21	1.165,20	-23.015,71	1.072,25	-23.240,50	
5				0,22	1.217,63	-21.798,08	1.097,46	-22.143,04	
6				0,23	1.272,43	-20.525,66	1.123,25	-21.019,79	
7				0,24	1.329,68	-19.195,97	1.149,66	-19.870,13	
8				0,26	1.389,52	-17.806,45	1.176,68	-18.693,45	
9				0,27	1.452,05	-16.354,40	1.204,34	-17.489,11	
10				0,28	1.517,39	-14.837,01	1.232,65	-16.256,46	
11				0,29	1.585,67	-13.251,34	1.261,63	-14.994,83	
12				0,31	1.657,03	-11.594,31	1.291,28	-13.703,55	
13				0,32	1.731,59	-9.862,72	1.321,64	-12.381,92	
14				0,33	1.809,52	-8.053,20	1.352,70	-11.029,21	
15				0,35	1.890,95	-6.162,25	1.384,50	-9.644,71	
16				0,36	1.976,04	-4.186,22	1.446,80	-8.197,91	
17				0,38	2.064,96	-2.121,26	1.511,91	-6.686,00	
18				0,40	2.157,88	36,62	1.579,94	-5.106,06	
19				0,42	2.254,99	2.291,61	1.651,04	-3.455,02	
20				0,43	2.356,46	4.648,07	1.725,34	-1.729,68	
21				0,45	2.462,50	7.110,58	1.802,98	73,30	0,27
22				0,47	2.573,31	9.683,89	1.884,11	1.957,41	
23				0,50	2.689,11	12.373,00	1.968,90	3.926,31	
24				0,52	2.810,12	15.183,13	2.057,50	5.983,81	
25				0,54	2.936,58	18.119,71	2.150,09	8.133,89	

Figura 57. Cálculo VAN cuarta opción. 2014. Propia.

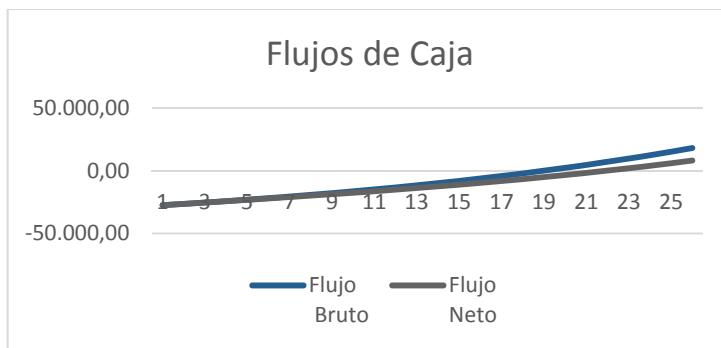


Figura 58. Gráfico Flujos de Caja VAN cuarta opción. 2014. Propia.

Sexta. Cristales bajo emisivos. Reducción del consumo de energía primaria de 4,1 kWh/m²año. Coste de la inversión 12.946 €.

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	12.946,00	4,10	15.504,97	0,18	0,00	-12.946,00	0,00	-12.946,00	
1				0,19	2.790,89	-10.155,11	2.733,49	-10.212,51	
2				0,20	2.916,48	-7.238,62	2.797,75	-7.414,76	
3				0,21	3.047,73	-4.190,89	2.863,51	-4.551,25	
4				0,21	3.184,87	-1.006,02	2.930,82	-1.620,43	
5				0,22	3.328,19	2.322,17	2.999,71	1.379,28	10,65
6				0,23	3.477,96	5.800,14	3.070,23	4.449,51	
7				0,24	3.634,47	9.434,61	3.142,40	7.591,91	
8				0,26	3.798,02	13.232,63	3.216,26	10.808,17	
9				0,27	3.968,93	17.201,56	3.291,87	14.100,03	
10				0,28	4.147,53	21.349,10	3.369,25	17.469,28	
11				0,29	4.334,17	25.683,27	3.448,44	20.917,72	
12				0,31	4.529,21	30.212,48	3.529,50	24.447,23	
13				0,32	4.733,03	34.945,51	3.612,47	28.059,70	
14				0,33	4.946,01	39.891,52	3.697,39	31.757,08	
15				0,35	5.168,58	45.060,10	3.784,30	35.541,38	
16				0,36	5.401,17	50.461,27	3.954,59	39.495,97	
17				0,38	5.644,22	56.105,50	4.132,55	43.628,52	
18				0,40	5.898,21	62.003,71	4.318,51	47.947,04	
19				0,42	6.163,63	68.167,34	4.512,85	52.459,88	
20				0,43	6.440,99	74.608,33	4.715,92	57.175,81	
21				0,45	6.730,84	81.339,17	4.928,14	62.103,95	
22				0,47	7.033,73	88.372,90	5.149,91	67.253,85	
23				0,50	7.350,25	95.723,15	5.381,65	72.635,51	
24				0,52	7.681,01	103.404,15	5.623,83	78.259,34	
25				0,54	8.026,65	111.430,80	5.876,90	84.136,23	

Figura 59. Calculo VAN sexta opción. 2014. Propia.

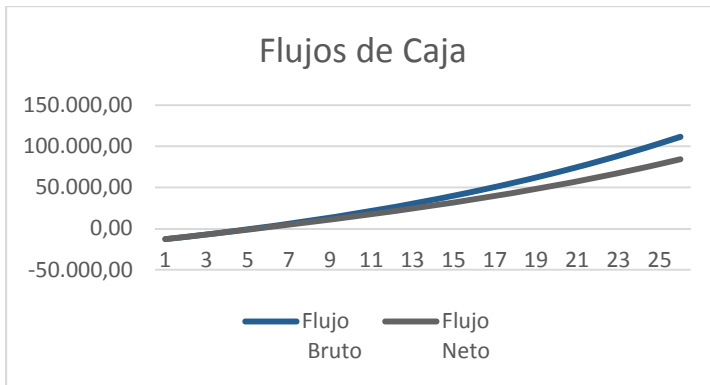


Figura 60. Gráfico Flujos de Caja VAN sexta opción. 2014. Propia.

Séptima. Ventanas con rotura de puente térmico. Reducción del consumo de energía primaria de 1,4 kWh/m²año. Coste de la inversión 45.888 €.

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	45.888,00	1,40	5.294,38	0,18	0,00	-45.888,00	0,00	-45.888,00	
1				0,19	952,99	-44.935,01	933,39	-44.954,61	
2				0,20	995,87	-43.939,14	955,33	-43.999,28	
3				0,21	1.040,69	-42.898,45	977,78	-43.021,50	
4				0,21	1.087,52	-41.810,93	1.000,77	-42.020,73	
5				0,22	1.136,46	-40.674,48	1.024,29	-40.996,44	
6				0,23	1.187,60	-39.486,88	1.048,37	-39.948,07	
7				0,24	1.241,04	-38.245,84	1.073,01	-38.875,06	
8				0,26	1.296,89	-36.948,96	1.098,24	-37.776,82	
9				0,27	1.355,25	-35.593,71	1.124,05	-36.652,77	
10				0,28	1.416,23	-34.177,48	1.150,47	-35.502,29	
11				0,29	1.479,96	-32.697,52	1.177,52	-34.324,78	
12				0,31	1.546,56	-31.150,96	1.205,20	-33.119,58	
13				0,32	1.616,16	-29.534,80	1.233,53	-31.886,05	
14				0,33	1.688,88	-27.845,92	1.262,52	-30.623,53	
15				0,35	1.764,88	-26.081,04	1.292,20	-29.331,33	
16				0,36	1.844,30	-24.236,74	1.350,35	-27.980,98	
17				0,38	1.927,30	-22.309,44	1.411,11	-26.569,87	
18				0,40	2.014,02	-20.295,42	1.474,61	-25.095,26	
19				0,42	2.104,65	-18.190,76	1.540,97	-23.554,28	
20				0,43	2.199,36	-15.991,40	1.610,32	-21.943,97	
21				0,45	2.298,34	-13.693,06	1.682,78	-20.261,19	
22				0,47	2.401,76	-11.291,30	1.758,50	-18.502,68	
23				0,50	2.509,84	-8.781,46	1.837,64	-16.665,05	
24				0,52	2.622,78	-6.158,68	1.920,33	-14.744,71	
25				0,54	2.740,81	-3.417,87	2.006,75	-12.737,97	

Figura 61. Calculo VAN séptima opción. 2014. Propia.

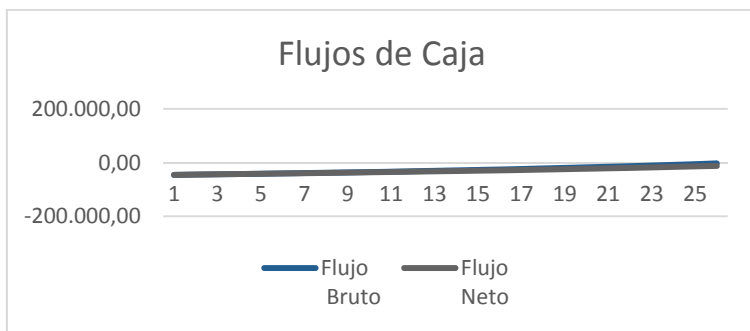


Figura 62. Gráfico Flujos de Caja VAN séptima opción. 2014. Propia.

Octava. Inclusión de equipos de aire acondicionado en todas las viviendas tipo INVERTER calificación energética A. Reducción del consumo de energía primaria de 2,0 kWh/m²año. El coste previsto de la inversión es de 23.500 €

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m ²	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	23.500,00	2,00	7.563,40	0,18	0,00	-23.500,00	0,00	-23.500,00	
1				0,19	1.361,41	-22.138,59	1.333,41	-22.166,59	
2				0,20	1.422,68	-20.715,91	1.364,75	-20.801,84	
3				0,21	1.486,70	-19.229,22	1.396,83	-19.405,00	
4				0,21	1.553,60	-17.675,62	1.429,67	-17.975,33	
5				0,22	1.623,51	-16.052,11	1.463,28	-16.512,06	
6				0,23	1.696,57	-14.355,54	1.497,67	-15.014,39	
7				0,24	1.772,91	-12.582,63	1.532,88	-13.481,51	
8				0,26	1.852,69	-10.729,94	1.568,91	-11.912,60	
9				0,27	1.936,06	-8.793,87	1.605,79	-10.306,81	
10				0,28	2.023,19	-6.770,68	1.643,53	-8.663,28	
11				0,29	2.114,23	-4.656,45	1.682,17	-6.981,11	
12				0,31	2.209,37	-2.447,08	1.721,71	-5.259,40	
13				0,32	2.308,79	-138,29	1.762,18	-3.497,22	
14				0,33	2.412,69	2.274,40	1.803,60	-1.693,62	
15				0,35	2.521,26	4.795,66	1.846,00	152,38	0,65
16				0,36	2.634,72	7.430,38	1.929,07	2.081,45	
17				0,38	2.753,28	10.183,66	2.015,88	4.097,33	
18				0,40	2.877,18	13.060,83	2.106,59	6.203,92	
19				0,42	3.006,65	16.067,48	2.201,39	8.405,31	
20				0,43	3.141,95	19.209,43	2.300,45	10.705,76	
21				0,45	3.283,34	22.492,77	2.403,97	13.109,73	
22				0,47	3.431,09	25.923,85	2.512,15	15.621,88	
23				0,50	3.585,49	29.509,34	2.625,20	18.247,08	
24				0,52	3.746,83	33.256,17	2.743,33	20.990,41	
25				0,54	3.915,44	37.171,61	2.866,78	23.857,19	

Figura 63. Cálculo VAN octava opción. 2014. Propia.

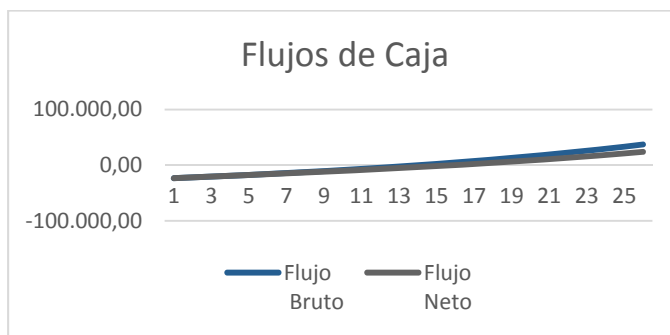


Figura 64. Gráfico Flujos de Caja VAN octava opción. 2014. Propia.

Novena. Sustitución de los equipos de ACS por otros de alto rendimiento. Reducción del consumo de energía primaria de 7,6 kWh/m²año. El coste previsto de la inversión es de 23.000 €

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	23.000,00	7,60	28.740,92	0,07	0,00	-23.000,00	0,00	-23.000,00	
1				0,07	2.011,86	-20.988,14	1.970,48	-21.029,52	
2				0,08	2.102,40	-18.885,74	2.016,80	-19.012,71	
3				0,08	2.197,01	-16.688,73	2.064,21	-16.948,50	
4				0,08	2.295,87	-14.392,86	2.112,73	-14.835,77	
5				0,09	2.399,19	-11.993,67	2.162,40	-12.673,37	
6				0,09	2.507,15	-9.486,52	2.213,23	-10.460,15	
7				0,10	2.619,97	-6.866,55	2.265,25	-8.194,90	
8				0,10	2.737,87	-4.128,68	2.318,50	-5.876,40	
9				0,10	2.861,07	-1.267,61	2.373,00	-3.503,40	
10				0,11	2.989,82	1.722,21	2.428,78	-1.074,62	
11				0,11	3.124,36	4.846,57	2.485,87	1.411,25	6,14
12				0,12	3.264,96	8.111,54	2.544,30	3.955,55	
13				0,12	3.411,88	11.523,42	2.604,11	6.559,66	
14				0,13	3.565,42	15.088,84	2.665,32	9.224,99	
15				0,14	3.725,86	18.814,70	2.727,98	11.952,96	
16				0,14	3.893,53	22.708,22	2.850,74	14.803,70	
17				0,15	4.068,73	26.776,96	2.979,02	17.782,72	
18				0,15	4.251,83	31.028,79	3.113,07	20.895,79	
19				0,16	4.443,16	35.471,95	3.253,16	24.148,96	
20				0,17	4.643,10	40.115,05	3.399,56	27.548,51	
21				0,18	4.852,04	44.967,09	3.552,54	31.101,05	
22				0,18	5.070,38	50.037,47	3.712,40	34.813,45	
23				0,19	5.298,55	55.336,02	3.879,46	38.692,90	
24				0,20	5.536,99	60.873,01	4.054,03	42.746,94	
25				0,21	5.786,15	66.659,16	4.236,46	46.983,40	

Figura 65. Cálculo VAN novena opción. 2014. Propia.

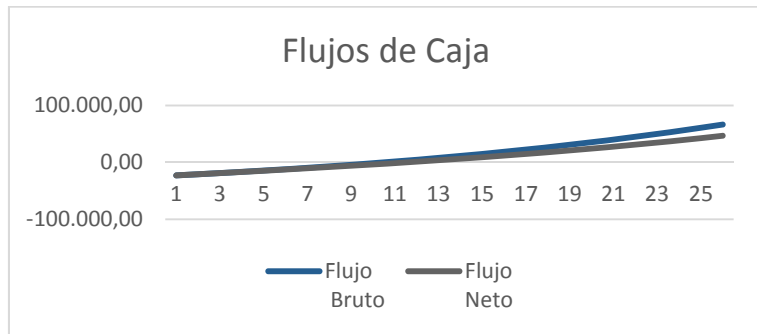


Figura 66. Gráfico Flujos de Caja VAN novena opción. 2014. Propia.

Decima. Incorporación de energía solar para producción de ACS. Reducción del consumo de energía primaria de 30,1 kWh/m²año. Coste estimado de la inversión es de 142.600 €

AÑO	Desembolso inicial	kWh/m2	kwh	coste electricidad	Ahorro anual bruto	Flujo Bruto	Ahorro anual neto	Flujo Neto	VAN %
0	142.600,00	30,10	113.829,17	0,18	0,00	-142.600,00	0,00	-142.600,00	
1				0,19	20.489,25	-122.110,75	20.067,83	-122.532,17	
2				0,20	21.411,27	-100.699,48	20.539,55	-101.992,63	
3				0,21	22.374,77	-78.324,71	21.022,36	-80.970,27	
4				0,21	23.381,64	-54.943,07	21.516,52	-59.453,75	
5				0,22	24.433,81	-30.509,26	22.022,29	-37.431,46	
6				0,23	25.533,33	-4.975,92	22.539,96	-14.891,50	
7				0,24	26.682,33	21.706,41	23.069,79	8.178,29	5,74
8				0,26	27.883,04	49.589,45	23.612,08	31.790,36	
9				0,27	29.137,78	78.727,23	24.167,11	55.957,47	
10				0,28	30.448,98	109.176,20	24.735,19	80.692,66	
11				0,29	31.819,18	140.995,38	25.316,63	106.009,29	
12				0,31	33.251,04	174.246,42	25.911,73	131.921,02	
13				0,32	34.747,34	208.993,76	26.520,82	158.441,83	
14				0,33	36.310,97	245.304,73	27.144,23	185.586,06	
15				0,35	37.944,96	283.249,70	27.782,29	213.368,35	
16				0,36	39.652,49	322.902,18	29.032,49	242.400,84	
17				0,38	41.436,85	364.339,03	30.338,95	272.739,79	
18				0,40	43.301,51	407.640,54	31.704,21	304.444,00	
19				0,42	45.250,07	452.890,61	33.130,90	337.574,89	
20				0,43	47.286,33	500.176,94	34.621,79	372.196,68	
21				0,45	49.414,21	549.591,16	36.179,77	408.376,45	
22				0,47	51.637,85	601.229,01	37.807,86	446.184,30	
23				0,50	53.961,56	655.190,56	39.509,21	485.693,51	
24				0,52	56.389,83	711.580,39	41.287,12	526.980,63	
25				0,54	58.927,37	770.507,76	43.145,04	570.125,68	

Figura 67. Cálculo VAN decima opción. 2014. Propia.

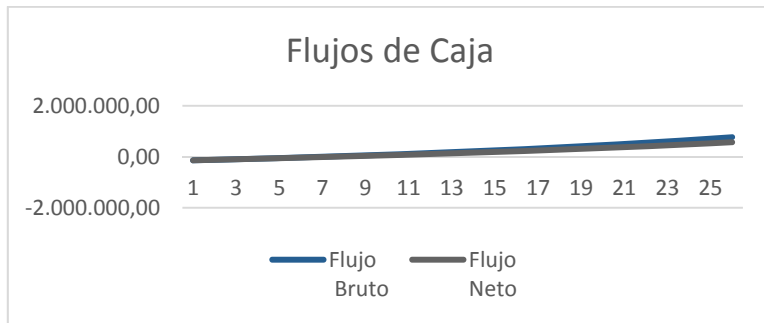


Figura 68. Gráfico Flujos de Caja VAN décima opción. 2014. Propia.

Del análisis realizado se desprende que la opción séptima en estudio, relacionada con el empleo de ventanas con rotura de puente térmico aporta plazos de amortización superiores a veinticinco años por lo que queda excluida de la calificación mejorada que nos aporta como resultados definitivos del edificio mejorado una clase C, obteniendo un ahorro de energía primaria de 56,3 kWh/m²año y una reducción de las emisiones de CO₂ de 14,5 Kg/m²año.

Capítulo 6.

Conclusiones

El objetivo principal del presente trabajo es definir la calificación energética y establecer las mejoras posibles para la rehabilitación energética, en un edificio residencial de viviendas, construido bajo la normativa anterior al CTE, empleando para ello uno de los procedimientos reconocidos para edificios existentes.

La intervención realizada ha buscado como objetivo la mejora de la eficiencia energética del edificio y su adaptación a la normativa del Código Técnico de la Edificación, motivo principal por el que se seleccionó CERMA como herramienta.

Aparte del análisis energético y medio ambiental que realiza CERMA, se ha considerado el aspecto económico de las posibles intervenciones, analizando los periodos de retorno de las inversiones previstas.

Cabe recordar, como indicábamos en la introducción del trabajo, que nos encontramos ante una situación que posiblemente no sea la más atractiva posible al ser un edificio de reciente construcción del año 2006. Esto podría inducir a pensar, que los resultados aquí mostrados son mejorables casi con toda seguridad en la mayor parte del parque de viviendas de España.

Se lista a continuación en la tabla 69, las estimaciones seleccionadas para obtener una reducción en el consumo de energía primaria, ordenadas de mayor a menor, indicando:

- Inversión prevista
- Ahorro de energía primaria
- Periodo previsto de amortización
- VAN

Medida aplicada	Inversión €	Ahorro energía primaria KWh/m ² año	Periodo año	VAN %
Energía solar térmica para ACS	142.600,00	30,10	7,00	5,74
Aislamiento termico de fachada por el exterior	99.925,00	10,30	13,00	3,09
Sustitución de equipos ACS	23.000,00	7,60	11,00	6,14
Mejora a cristales bajo emisivos	12.946,00	4,10	5,00	10,65
Mejora de equipos AA eficientes	23.500,00	2,00	15,00	0,65
Aislamiento termico en cubierta invertida	27.384,00	1,50	21,00	0,27
Aislamiento suelo exterior	1.936,00	1,10	3,00	16,34

Figura 69. Resumen de resultados estudio económico de mejoras. 2014. Propia.

Los resultados globales obtenidos para esta intervención aunando todos los conceptos son: con un coste global de 635.362 €, periodo de retorno de la inversión de dieciséis años y VAN del 3,8 %, obtenemos un ahorro de energía primaria de 56,3 kWh/m²año y una reducción de las emisiones de CO₂ de 14,5 Kg/m²año.

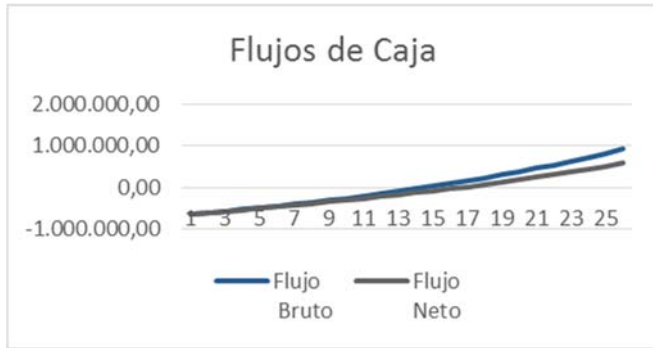


Figura 70. Gráfico Flujos de Caja VAN global. 2014. Propia.

Edificio	Clase	Consumo energía primaria kWh/m ² año	Emisiones CO ₂ Kg/m ²
Base	E	91,9	23,2
Mejorado	C	35,6	8,7
Diferencia		56,3	14,5

Figura 71. Resultados obtenidos. 2014. Propia.

Durante el proceso de calificación se han ido analizando distintas opciones hasta concluir con las seleccionadas lo que nos ha permitido obtener ciertas conclusiones que si bien no son generalizables a nivel global, pues influyen otros parámetros como orientación, situación etc., sí podrán ser tenidas en cuenta para otros estudios similares que se realicen:

- Puentes térmicos de grandes dimensiones como son en el caso analizado, los suelos exteriores mal resueltos, aportan puntos de mejora importantes a tener en cuenta.
- El empleo de dobles ventanas aporta mejores resultados que la sustitución de ventanas desde un punto de vista energético. Se debe considerar, aunque en detrimento de otros factores funcionales o estéticos. Los periodos de retorno de la inversión son elevados.
- Para el caso analizado en el empleo de dobles ventanas, el incremento de inversión en ventanas con rotura de puente térmico no produce beneficios suficientes para que sea rentable produciendo periodos de retorno excesivos.
- El aislamiento térmico exterior aporta mejores resultados energéticos que el aislamiento por el interior, por lo que en nuestro caso es mejor opción siempre que estéticamente sea aceptable.
- El empleo de vidrios de control solar no siempre son beneficiosos ya que aumentan la demanda de calefacción. El análisis deberá ser muy concreto en función de la orientación de cada ventana. En nuestro caso no fueron efectivos en ningún caso.
- El empleo de elementos fijos de sombra en huecos a fachadas sureste y suroeste no aportó resultados globales favorables por lo que su empleo no debe ser generalizado y estudiarlo detenidamente para cada orientación posible.
- El empleo de cristales bajo emisivos, considerando su incremento de coste respecto a otros normales aporta resultados muy favorables en todos los casos analizados,

siendo una medida que aporta periodos de retorno de la inversión muy razonables.

- La sustitución de equipos de calefacción y refrigeración aporta periodos de retorno de inversión muy altos, no obstante el incremento de coste de mejoras debidas a la selección de equipos con alta eficiencia energética en vez de normales, si aporta periodos de retorno razonables.
- El aporte de energía solar en nuestro caso, situación muy favorable y con grandes cubiertas que permiten su instalación fácilmente, aporta grandes beneficios con periodos de retorno de inversión razonables.
- La sustitución de equipos de producción de ACS de alta eficiencia energética aportan periodos de retorno razonables.

Capítulo 7.

Referencias Bibliográficas

Una visión-país, para el sector de la vivienda del Grupo de Trabajo sobre rehabilitación (GTR). Guerrini Desing Island / Societat Orgànica, 2011. Autores: Albert Cuchí y Peter Sweatman. ISBN en trámite.

Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios /Diario oficial de las Comunidades Europeas [Recurso electrónico]. [Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2002].

Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios /Diario oficial de las Comunidades Europeas [Recurso electrónico]. [Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2010].

CÓDIGO Técnico de la Edificación (CTE). Madrid: Ministerio de Vivienda: Boletín Oficial del Estado, 2009.

NBE CT-79 Condiciones térmicas en los edificios (Real Decreto 2429/79 de 6 de julio) Madrid: Ediciones de Autor Técnico, 1997 (Serie Normativas (Ediciones de Autor Técnico). ISBN84-89850-15-1

CTE-HE: ahorro de energía: aplicación a edificios de uso residencial, vivienda. DAV [Madrid]: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006 (Monografías CTE). ISBN 8493405175

GUÍA Sistemas de aislamiento térmico exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios. [elaborada por Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (ANDIMAT)]. Madrid: Ministerio de Fomento: IDAE, 2012. (Informes IDAE). ISBN 978-84-96680-59-3.

GUÍA de la edificación sostenible: calidad energética y medioambiental en edificación [elaborada por el área de Energía de la Fundación Privada Institut Ildelfons Cerdà]. Barcelona: Institut Cerdà; Madrid: Ministerio de Fomento: IDAE, 1999. (Informes IDAE). ISBN 84-86850-91-6.

GUÍA de rehabilitación energética de edificios de viviendas. Madrid: [Comunidad, Dirección General de Industria, Energía y Minas: Fundación de la Energía de Comunidad de Madrid]. 2008.

GUÍA práctica de la energía para la rehabilitación de edificios: el aislamiento, la mejor solución / [redactada por la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMA) en colaboración con el] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) -- Madrid: IDAE, 2008.

Aislamiento Térmico en la Edificación: Limitación de la Demanda Energética DB-HE1 e Iniciación a la Calificación Energética. Autor: Josep Solé Bonet ISBN: 978-84-95624-04-8

Páginas Web consultadas:

<http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php> PUBLICACIONES FENERCOM

<http://idae.electura.es/> PUBLICACIONES IDAE

<http://www.codigotecnico.org/web/> CODIGO TÉCNICO EDIFICACIÓN. DOCUMENTOS DEL CTE Y PROGRAMA LIDER.

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=es&map=eu_rop PVGIS. SOLAR IRRADIATION DATA UTILITY.

<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=Consulta> SEDE ELECTRÓNICA DEL CATASTRO

<http://www.idae.es/index.php/relcategoria.1030/id.48/relmenu.349/mod.pags/mem.detalle> Publicaciones IDAE sobre rehabilitación energética de la envolvente (Guías para la rehabilitación de la parte opaca con distintos materiales aislantes. Guía de rehabilitación de la parte opaca. Guía para rehabilitación de huecos)

<http://www.idae.es/index.php/relcategoria.1030/id.430/relmenu.347/mod.pags/mem.detalle> Guía técnica. Instalaciones de climatización por agua

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RI/TE/Reconocidos/Paginas/IndexDocumentosReconocidos.aspx> Guía técnica. Instalaciones de climatización con equipos autónomos. La guía ASIT de la energía solar térmica

Capítulo 8.

Índice de Figuras

Figura 9. Plan propuesto por el GTR. 2011. Una visión- país para el sector de la edificación en España.

Figura 2. Datos generales del plan propuesto por GTR. 2011. Una visión- país para el sector de la edificación en España.

Figura 3. Financiación del plan propuesto por GTR. 2011. Una visión- país para el sector de la edificación en España.

Figura 4. Segmentación de la vivienda en España. 2011. Una visión- país para el sector de la edificación en España.

Figura 5. Plano de situación. 2014. Oficina Virtual del Catastro.

Figura 6. Composición de los tipos de vivienda existentes. 2014. Propia.

Figura 7. Tipos de vivienda en planta baja. 2014. Medición actual. Propia.

Figura 8. Distribución de tipos de vivienda en plantas 1ª a 3ª. 2014. Propia.

Figura 9. Fachada NE. 2014. Propia.

Figura 10. Fachada NO. 2014. Propia.

Figura 11. Composición y dimensiones generales del edificio. 2014. Propia.

Figura 12. Características de huecos. 2014. Propia.

Figura 103. Características de fachadas. 2014. Propia.

Figura 114. Video endoscopio. 2014. www.

Figura 125. Equipo interior de la medición realizada. 2014. Propia.

Figura 136. Equipo exterior de la medición realizada. 2014. Propia.

Figura 147. Equipo empleado en la toma de termografías. 2014. Propia.

Figura 158. Termografía Fachada NE. 2014. Propia.

Figura 169. Termografía Fachada S. 2014. Propia.

Figura 20. Ensayo Blowerdoor. 2014. Internet.

Figura 21. Calentador Aspes ACL-100E. 2014. Propia.

Figura 22. Vista de cubierta con bancadas vacías. 2014. Propia.

Figura 23. Datos Generales. 2014. CERMA 2.6.

Figura 24. Ciudad / Entorno. 2014. CERMA 2.6.

Figura 25. Global. 2014. CERMA 2.6.

Figura 26. Cerramientos. 2014. CERMA 2.6.

Figura 27. Cubiertas. 2014. CERMA 2.6.

Figura 28. Suelos. 2014. CERMA 2.6.

Figura 29. Huecos. 2014. CERMA 2.6.

Figura 30. Equipos. 2014. CERMA 2.6.

Figura 31. Resultados de emisiones. 2014. CERMA 2.6.

Figura 32. Resultados de energía primaria. 2014. CERMA 2.6.

Figura 33. Resultados de energía primaria en detalle. 2014. CERMA 2.6.

Figura 34. Resultados de demanda en detalle. 2014. CERMA 2.6.

Figura 35. Análisis en detalle de emisiones globales. 2014. CERMA 2.6.

Figura 36. Análisis en detalle de emisiones por orientaciones. 2014. CERMA 2.6.

Figura 37. Análisis combinado demanda y sistemas por calificación CO2. 2014. CERMA 2.6.

Figura 38. Análisis combinado demanda y sistemas por ahorro calificación energía primaria. 2014. CERMA 2.6.

Figura 39. Análisis combinado demanda y sistemas por ahorro energía final. 2014. CERMA 2.6.

Figura 40. Temperatura interior 3D. 2014. CERMA 2.6.

Figura 41. Cumplimiento HE1. 2014. CERMA 2.6.

Figura 42. Cumplimiento HE1. Valores máximos cerramiento y particiones. 2014. CERMA 2.6.

Figura 43. Cumplimiento HE1. Condensaciones cerramientos exteriores. 2014. CERMA 2.6.

Figura 44. Cumplimiento HE1. Condensaciones cerramientos exteriores. 2014. CERMA 2.6.

Figura 45. Cálculo de vidrios. 2014. CALUMEN II.

Figura 46. Datos Técnicos equipos. 2014. Catálogo Daikin 2014.

Figura 47. Datos Técnicos. 2014. Catálogo Vaillant 2014.

Figura 48. Calificación energética mejorada. 2014. CERMA 2.6.

Figura 49. Calificación energética mejorada. 2014. CERMA 2.6.

Figura 50. Estudio de mejoras aplicadas. 2014. CERMA 2.6.

Figura 51. Calculo VAN primera opción. 2014. Propia.

Figura 52. Gráfico Flujos de Caja VAN primera opción. 2014. Propia.

Figura 53. Cálculo VAN segunda opción. 2014. Propia.

Figura 54. Gráfico Flujos de Caja VAN segunda opción. 2014. Propia.

Figura 55. Cálculo VAN tercera opción. 2014. Propia.

Figura 56. Gráfico Flujos de Caja VAN tercera opción. 2014. Propia.

Figura 57. Cálculo VAN cuarta opción. 2014. Propia.

Figura 58. Gráfico Flujos de Caja VAN cuarta opción. 2014. Propia.

Figura 59. Cálculo VAN sexta opción. 2014. Propia.

Figura 60. Gráfico Flujos de Caja VAN sexta opción. 2014. Propia.

Figura 61. Cálculo VAN séptima opción. 2014. Propia.

Figura 62. Gráfico Flujos de Caja VAN séptima opción. 2014. Propia.

Figura 63. Cálculo VAN octava opción. 2014. Propia.

Figura 64. Gráfico Flujos de Caja VAN octava opción. 2014. Propia.

Figura 65. Cálculo VAN novena opción. 2014. Propia.

Figura 66. Gráfico Flujos de Caja VAN novena opción. 2014. Propia.

Figura 67. Cálculo VAN décima opción. 2014. Propia.

Figura 68. Gráfico Flujos de Caja VAN décima opción. 2014. Propia.

Figura 69. Resumen de resultados estudio económico de mejoras. 2014. Propia.

Figura 70. Gráfico Flujos de Caja VAN global. 2014. Propia.

Figura 71. Resultados obtenidos. 2014. Propia.

Anexos

ANEXO I	Reportaje fotográfico
ANEXO II	Documentación calculo transmitancia
ANEXO III	Documentación termografía
ANEXO IV	Documentación ACS
ANEXO V	Informe CERMA
ANEXO VI	Informe CE3X
ANEXO VII	Precios