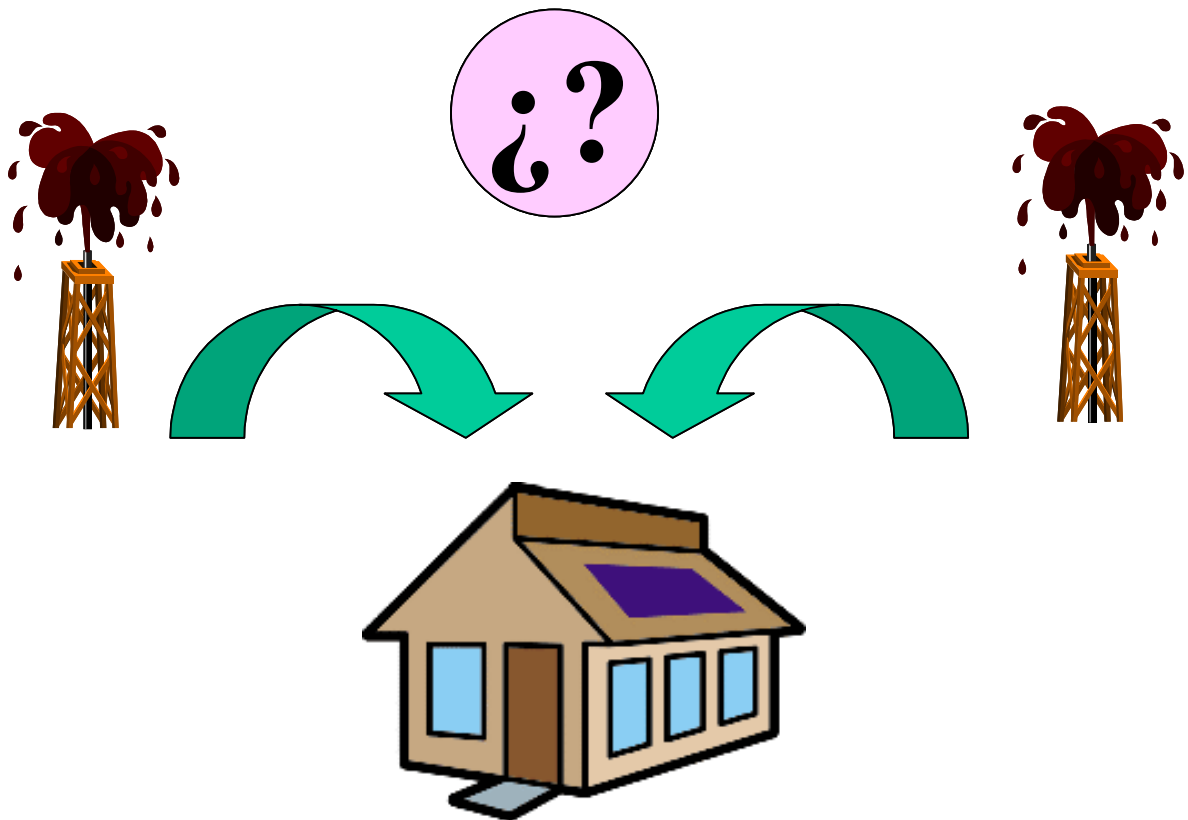


REGULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS: ASIGNATURA PENDIENTE EN ESPAÑA



IIT-04-022I
Xavier García Casals
Mayo 2004

INDICE

1. Introducción, 2
2. El contexto legislativo europeo, 4
 - 2.1. Directiva 93/76/CEE , 4
 - 2.2. El Libro Verde, 6
 - 2.3. Directiva 2002/91/CE, 8
3. Etiquetado energético en la UE: Otras experiencias, 13
 - 3.1. Propuesta de etiquetado energético para la UE (proyecto PREDAC), 13
 - 3.2. La experiencia Danesa, 19
 - 3.3. Etiquetado energético en Alemania, 24
4. El etiquetado energético en USA, 26
5. Embodied Energy: La gran olvidada, 32
6. Métodos de cálculo de las actuaciones energéticas de una vivienda, 39
7. Regulación energética de edificios en España, 49
 - 7.1. La NBE CT 79, 50
 - 7.2. El Código Técnico de la Edificación (HE1), 60
 - 7.2.1. Primer proyecto, 62
 - 7.2.2. Segundo proyecto, 70
 - 7.2.2.1. El programa LIDER, 78
 - 7.2.3. Comparativa del CTE con la NBE CT79, 83
8. La certificación energética de viviendas en España, 96
 - 8.1. Experiencia pionera en el País Vasco, 96
 - 8.2. La Calificación Energética de Viviendas, 101
 - 8.3. Propuesta de certificación energética de viviendas¹: CALENER, 106
9. La Estrategia Española de Eficiencia Energética, 110
10. Conclusiones, 132
11. Referencias, 137

¹ A menudo en este informe se encuentra la palabra ‘vivienda’ significando el término más genérico de ‘edificio’, imprecisión debida a la premura de tiempo con la que se tuvo que redactar.

1. Introducción

“El sector de la vivienda y de los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40 % del consumo final de energía en la Comunidad Económica Europea y se encuentra en fase de expansión, tendencia que previsiblemente hará aumentar el consumo de energía ...”

Afirmaciones de este estilo se encuentran en la Directiva 93/76/CEE, en el Libro Verde de la UE (*‘Hacia una estrategia para la seguridad de suministro energético en la UE’, 2000*) y en la Directiva 2002/91/CE, y dejan patente el interés prioritario y necesidad de la UE en reducir el consumo energético del sector edificación, tanto para avanzar en el cumplimiento de los compromisos medioambientales (protocolo de Kyoto) como para reducir la dependencia energética del exterior.

Este es el motivo de que en los últimos 11 años se esté desarrollando una actividad de intensidad creciente en el sector de la edificación para controlar y reducir su consumo energético. En España, a nivel nacional, esta actividad empezó con algunos años de retraso y está en la actualidad próxima a alcanzar su clímax², en el aspecto *regulativo* con la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE), que en su Documento Básico HE1 (Limitación de la Demanda Energética) pasa a sustituir la legislación vigente destinada a regular la demanda energética de las viviendas (NBE CT79), y en el aspecto *certificativo* con la implementación de un procedimiento de certificación energética (CALENER), pretendiendo hacer de esta forma efectiva la trasposición de la Directiva 2002/91/CE.

Sin embargo, tanto la regulación como la certificación energética de edificios propuestas para España presentan carencias significativas que cuestionan seriamente la posibilidad de alcanzar los objetivos de la Directiva 2002/91/CE, y que incluso pueden conducir a una situación seriamente alejada de dichos objetivos.

Así, por ejemplo, como resultado de la implementación de la regulación y certificación energética propuestas en España para los edificios se seguirá sin tener información cuantitativa alguna sobre el consumo energético del edificio (kW.h/m²-año) y careciendo de mecanismo alguno para acotar y controlar dicho consumo energético. De hecho, como mostraremos más adelante, la nueva regulación energética puede incluso en algunos casos significar un paso hacia atrás respecto a la situación actual (NBE CT 79), permitiendo un mayor consumo energético de los edificios, que considerando sólo los requerimientos para calefacción puede llegar a ser considerablemente superior a los límites impuestos en países del centro y norte de Europa (con una temporada de calefacción mucho más severa que la nuestra).

² El CTE fue remitido a la UE, cumpliéndose el plazo de alegaciones el 26/4/04.

Dado el gran peso de este sector en el consumo energético de nuestro país³, así como la gran inercia a introducir modificaciones en el mismo⁴, creemos que, ahora que todavía se está a tiempo, es de gran importancia el realizar un último esfuerzo para tratar de corregir las carencias de la regulación y certificación energética de edificios en vías de aprobación en nuestro país, confluyendo hacia las tendencias de la UE y otros países (EEUU).

Resulta destacable el escaso debate social que ha habido entorno a la regulación y certificación energética de edificios en nuestro país y a la trasposición de las Directivas 93/76/CEE y 2002/91/CE, en contraste con los intensos debates creados entorno a por ejemplo la más reciente Directiva 2003/87/CE sobre el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero que afecta a otros sectores (centrales termoeléctricas, refino de petróleo, siderurgia, industria del cemento y cal, industrias del vidrio, cerámica y papel). El sector de la edificación no se va a ver afectado por el mercado de derechos de emisiones, y dado el elevado peso del sector en el balance energético de la UE (40 % consumo energía), es sorprendente que las estrategias destinadas a introducir ahorro y eficiencia energética en el mismo (regulación y certificación energética) hayan recibido tan poca atención y generado tan poco debate.

Uno de los motivos que pueden justificar el escaso debate sobre los procesos de regulación y certificación energética de viviendas en nuestro país es la elevada complejidad técnica del sistema 'edificio' desde un punto de vista energético. Esto sin duda ha alejado al resto de sectores sociales del debate destinado a definir los procedimientos a seguir para implementar la Directiva. Sin embargo, en el sector de la edificación, tal y como han mostrado las experiencias en otros países europeos, es fundamental la aceptación de distintos sectores de la sociedad para que una herramienta como la certificación energética tenga alguna utilidad.

En parte, la falta de participación real⁵ de distintos sectores de la sociedad, puede deberse a la falta de opiniones técnicas fundamentadas destacando las carencias / incongruencias de los procesos de regulación y certificación desarrollados. Este documento pretende cubrir en parte esta laguna, proporcionando justificaciones técnicas que pongan de relieve las posibles carencias de los esquemas propuestos. Sin embargo, a partir de aquí, corresponde a aquell@s con capacidad de toma de decisiones o de influir en las mismas el aportar su grano de arena juntándolo a los de aquellos que hasta ahora han estado trabajando e influyendo en el tema, para que entre todos consigamos acercarnos al objetivo final común: Incrementar los estándares de

³ En la actualidad desconocido por la inexistencia de mecanismos que cuantifiquen dicho consumo, pero sin duda en crecimiento a medida que la exigencia de satisfacer la demanda de refrigeración vaya aumentando.

⁴ Nos va a costar más de 25 años sustituir la vieja NBE CT79 a pesar de que sus limitaciones hace tiempo que se han puesto de manifiesto.

⁵ en teoría el proceso de definición del CTE ha sido participativo cumpliendo los requerimientos de la UE. Sin embargo el grado de participación real de los diversos sectores de la sociedad a través de los canales proporcionados ha sido más bien limitado y con poca repercusión sobre el proceso final.

sostenibilidad en un sector de tanto peso energético relativo como el de la edificación.

El objetivo primordial de este trabajo es realizar una llamada de atención constructiva sobre las posibles carencias técnicas que puedan presentar las propuestas de regulación y certificación energética en nuestro país, con el único fin de contribuir a su corrección, y sin el más mínimo ánimo de crítica destructiva sobre el trabajo realizado para trascender la ya de largo obsoleta normativa vigente (NBE CT 79). A pesar de todos los 'peros' que vamos a poner a las propuestas realizadas queremos dejar manifiesta nuestra convicción de la calidad técnica del trabajo que subyace a dichas propuestas.

Para cumplir mejor el objetivo final de este trabajo, y para facilitar el acceso a la información relevante y contextualizar la discusión, antes de pasar a discutir las carencias de la regulación y certificación energética propuestas para España, comentaremos el contexto legislativo europeo, las tendencias en otros países europeos y en EEUU, el pasado de la regulación energética en nuestro país (NBE CT 79) y la estructura de la regulación y certificación propuestas, así como las peculiaridades sobre la simulación energética de edificios que es necesario tener en consideración al implementar medidas de regulación y certificación que nos permitan avanzar hacia la sostenibilidad del sector. Todo ello lo haremos de forma crítica para poner de manifiesto las carencias de por ejemplo las propias Directivas, y resaltando aquellos aspectos relevantes para el tema que nos ocupa, la regulación y certificación energética en la edificación, y haciendo mención continua⁶ a los aspectos relativos a estos procesos en nuestro país.

2. El contexto legislativo europeo

2.1. Directiva 93/76/CEE

Directiva destinada a reducir las emisiones de CO₂ mediante la mejora de la eficiencia energética.

Publicada el 13/9/93 obliga a los estados miembros a adoptar las disposiciones legales y reglamentarias para su cumplimiento a más tardar el 31/12/94.

La directiva se desarrolla en el marco del UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) adoptado en 5/92 y con entrada en vigor el 3/94, que pretendía (aunque de forma no obligatoria) que los países industrializados estabilizaran sus emisiones de CO₂ para el año 2000 en los valores de 1990. Ya en 1994 se reconoció que este objetivo no sería suficiente para estabilizar el incremento global en las emisiones de CO₂. Posteriormente,

⁶ Aunque pueda resultar repetitivo, hemos preferido mantener estas referencias continuas para facilitar al lector la asimilación de la interrelación entre todos los conceptos expuestos, con el convencimiento de que ello repercutirá en una mayor utilidad del texto.

el 12/97 se adoptó el protocolo de Kyoto, según el cual los países industrializados, de media, deben reducir sus emisiones en el primer periodo de compromiso en un 5,2 % por debajo de las de 1990 entre 2008 y 2012. En el marco del protocolo de Kyoto, la UE debe reducir sus emisiones en un 8 %.

Debemos tener presente que a pesar de las dificultades para cumplir con este primer periodo de compromiso (en 2001 las emisiones de la UE se redujeron sólo en un 2,3 %), el cumplimiento de este primer periodo de Kyoto no es ni mucho menos suficiente para estabilizar el impacto sobre el clima, siendo necesario adoptar otros periodos de compromiso bastante más exigentes para reducir más las emisiones. Las negociaciones para el segundo periodo de compromiso del protocolo de Kyoto más allá del 2012 empezarán en el 2005, y buscarán una mayor reducción de emisiones que permita estabilizar los efectos del cambio climático y por tanto afianzar el desarrollo de la humanidad en el camino de la sostenibilidad.

Teniendo en cuenta este marco, y por tanto que los objetivos de la directiva 93/76/CEE tenían un listón mucho más bajo que el listón que impone el desarrollo sostenible, resulta todavía más alarmante el grado de incumplimiento de esta Directiva en España.

La Directiva 93/76/CEE reconoce de forma explícita la importancia del sector de la edificación en la reducción de emisiones y la necesidad de una certificación energética de los edificios para alcanzar este objetivo:

- “Los sectores de la vivienda y terciario absorben cerca del 40 % del consumo final de energía en la CEE y se encuentra todavía en expansión, evolución que no hará sino incrementar su consumo de energía”.
- “Mediante una información objetiva sobre las características energéticas de los edificios, la certificación energética favorece una mayor transparencia del mercado inmobiliario y fomentará las inversiones en ahorro de energía”.

La 93/76/CEE exige a los estados miembros el establecimiento y aplicación de programas en los siguientes ámbitos que nos afectan:

- Certificación energética de los edificios.
- Aislamiento térmico de edificios nuevos.
- Facturación de gastos de calefacción, ACS y refrigeración en función del consumo real, permitiendo a los usuarios regular ese consumo individualmente.
- Inspección periódica de calderas (P > 15 kW)

Respecto a la certificación energética de los edificios, la 93/76/CEE la define como:

“La descripción de sus características energéticas, que deberá aportar información a los interesados en utilizar un edificio sobre la eficiencia energética del mismo”

Por tanto, si bien vemos cómo esta directiva ya en 1993 tenía un planteamiento correcto acorde con las necesidades actuales en lo relativo a los requerimientos al proceso de certificación, como muchas otras directivas quedaba suficientemente indefinida en cuanto a su alcance⁷ como para que esta filosofía cuajara en nuestro país.

Respecto a la rebautizada *calificación* energética, en España, a nivel nacional⁸, no se propuso ningún mecanismo hasta finales de 1999 (5 años después del plazo de la Directiva 93/76/CEE) en que el Ministerio de Fomento y el IDAE lanzaron la '*Difusión CEV (Calificación Energética de Viviendas)*', junto con una metodología y programa informático para aplicar esta calificación a las viviendas de protección oficial. La calificación propuesta no era obligatoria, por lo que el alcance que ha tenido ha sido prácticamente nulo. Además, como comentaremos más adelante la metodología de calificación energética propuesta dista significativamente de lo que son los objetivos 'filosóficos' establecidos por la 93/76/CEE, y presenta en su aplicación inconsistencias significativas.

Respecto a los requerimientos de mayor aislamiento térmico, en mayo del 2004 todavía seguimos con la anticuada NBE CT 79 de 1979 como única exigencia sobre los niveles de aislamiento.

2.2. El Libro Verde

El Libro Verde ('Hacia una Estrategia Europea de Seguridad de Suministro Energético') publicado por la UE en 11/2002 hace hincapié fundamentalmente⁹ sobre la necesidad de implementar una política energética comunitaria destinada a reducir la elevada dependencia energética de la UE, que en la actualidad depende en un 50 % del exterior para satisfacer sus necesidades energéticas con tendencias crecientes hacia un 70 % en el 2020. El desglose de la dependencia energética en la UE es de un 76 % para el petróleo, de un 40 % para el gas natural y de un 50 % para el carbón. En el 2020, estos porcentajes crecerían al 90 % , 70 % y 100 % respectivamente.

En España, la situación es todavía más crítica que en el conjunto de la UE, con una dependencia energética total del exterior del orden del 75 % en la actualidad.

Los dos sectores de mayor peso en el consumo energético de la UE son la edificación (40 %) y el transporte (32 %), sectores que además se encuentran en plena expansión. Respecto a las viviendas, en la actualidad son el mayor

⁷ En el Artículo-8 dice que cada Estado miembro determinará el alcance de estos programas de certificación energética.

⁸ Como comentaremos más adelante, en el País Vasco existe un procedimiento de certificación de viviendas activo desde 1993.

⁹ Si bien lleva en paralelo una argumentación ambiental asociada al impacto ocasionado por este gran consumo de energía.

consumidor de gas natural (1/3 del consumo total de gas en la UE), abasteciendo el 40 % de la demanda energética de las viviendas.

En estas condiciones resulta evidente la gran importancia que tienen las actuaciones efectivas que consigan limitar y reducir el consumo energético en estos sectores, tal y como pone de manifiesto de forma explícita el propio Libro Verde.

Sin embargo, el propio Libro Verde cojea de forma casi alarmante a la hora de cuantificar el potencial de ahorro energético en el sector de la edificación y de establecer unas directrices claras y concretas para desarrollarlo. La introducción en el sector de la edificación e internalización por parte del mismo de la necesidad de desarrollar análisis energéticos detallados de los edificios, al mismo nivel o superior¹⁰ al que se desarrollan los análisis estructurales, es un aspecto fundamental para poder alcanzar estos objetivos. La regulación y certificación energéticas de las viviendas, si están correctamente planteadas, producen este efecto, mientras que de no plantearse adecuadamente pueden llegar a inhibirlo. La situación actual de las propuestas de regulación y certificación, tal y como están planteadas, no proporcionan contribuciones significativas a la internalización del análisis energético en el sector de la edificación.

La regulación energética de viviendas, en la medida de que imponga un umbral de consumo energético significativamente inferior al actual, es una de las pocas medidas con capacidad de influir directamente sobre el consumo energético de las viviendas de nueva construcción. Sin embargo, el largo periodo de vida útil de las viviendas hace que para que los efectos de una nueva regulación efectiva dejen sentirse debe pasar un periodo considerable de tiempo (del orden de 30 – 50 años), y excesivo para conseguir los objetivos ambientales directos que tenemos planteados. Además, si el proceso regulativo no se estructura e implementa de la forma adecuada, puede que incluso no sea capaz de ejercer control directo alguno sobre el consumo energético en el sector de la edificación. Como comentaremos más adelante el CTE de la edificación tal y como está formulado en la actualidad puede conducir hacia esta situación defectuosa en su vertiente de control de la demanda energética.

La certificación energética de viviendas, en la medida de que consiga actuar como un motor efectivo del mercado, es una de las pocas opciones para impulsar la reducción de consumo energético más allá de los límites establecidos por la regulación, y además con capacidad de actuar sobre edificios existentes. La certificación energética de edificios tal y como está planteada actualmente en nuestro país va a resultar muy difícil que actúe como motor alguno del mercado inmobiliario, por lo que después de todo el trabajo realizado sobre la misma en nuestro país y todas las esperanzas puestas en ella por la Directiva 2002/91/CE, es muy fácil que se quede en una mera curiosidad sin aplicación real alguna.

¹⁰ Por la mayor complejidad del análisis energético respecto al estructural.

2.3. Directiva 2002/91/CE

Esta Directiva trata exclusivamente de la eficiencia energética de los edificios, y pretende ser un avance y concreción de las líneas de acción indicadas en la Directiva 93/76/CEE relativas al sector de la edificación, con el fin de aprovechar el gran potencial de ahorro aún existente, y reducir las grandes diferencias existentes en este sector entre los Estados miembros¹¹.

Respecto a la valoración del impacto del sector de la vivienda y servicios en el consumo final de energía de la UE, esta Directiva lo sigue cifrando en el 40 % (exactamente igual que la 93/76/CEE diez años antes), lo cual entra en conflicto con la afirmación mantenida desde 1993 de que *'el sector se encuentra en fase de expansión lo que hará aumentar el consumo de energía'*. Se echa en falta por tanto una actualización y cuantificación más precisa, con proyecciones de futuro, que proporcione la contribución real del sector. Por ejemplo, resulta evidente que en el sur de España, los sistemas de aire acondicionado están empezando a manifestar su peso en el consumo de energía a medida que la población va internalizando esta demanda de bienestar. A medio plazo, el consumo de refrigeración en estos países puede ser del orden o superior al asociado para calefacción. Puesto que la Directiva 2002/91/CE está apuntando para su trasposición completa al año 2009, debería incorporar una cuantificación más precisa de la demanda de energía del sector edificación por estas fechas.

De hecho, la 2002/91/CE reconoce explícitamente el aumento del uso de sistemas de aire acondicionado en los Estados meridionales, con la consiguiente problemática en el incremento del coste de la electricidad y problemas de operación del sistema eléctrico en las puntas de demanda de verano. De hecho, la Directiva llega a decir que debe darse prioridad a estrategias que mejoren el rendimiento térmico del edificio en verano, propiciando el desarrollo de técnicas de enfriamiento pasivo. La cuantificación del beneficio de estas técnicas de refrigeración pasiva en las actuaciones energéticas de una vivienda imponen unas exigencias en el método de cálculo (acoplamiento del análisis térmico y de flujo) que posteriormente no se ven reflejadas en los requerimientos que la Directiva establece sobre el método de cálculo, lo cual deja abierta la puerta de que los métodos de cálculo adoptados por los Estados miembros sean incapaces de valorar estas estrategias de refrigeración pasiva. Las herramientas propuestas para la regulación (LIDER) y certificación (CALENER) energética en España no son capaces de analizar estos procesos y por tanto de valorar su impacto energético.

La 2002/91/CE establece que la *'eficiencia¹² energética'* de los edificios debe ser calculada con una metodología que comprenda no tan solo el aislamiento

¹¹ Algunos países han hecho una aplicación de la 93/76/CEE con considerables avances en el ahorro energético en el sector de la edificación, mientras que otros, como España, se encuentran exactamente igual que antes de la 93/76/CEE.

¹² Así es como designa la Directiva 2002/91/CE a la caracterización energética del edificio. Probablemente en esta nomenclatura empleada, y en concreto en el término *'eficiencia'* es donde se

térmico (situación actual en España con la NBE CT 79), sino también las instalaciones de calefacción y refrigeración¹³, el uso de energías renovables y el diseño del edificio. Pero al igual que la 93/76/CEE, la 2002/91/CE peca de falta de concreción, tanto a la hora de definir los aspectos a retener en el cálculo de la eficiencia, como en la metodología a seguir, que deja abierta a ser definida a escala regional. Esto choca frontalmente con el objetivo manifiesto por la Directiva de aplicar un enfoque común y homogeneizar la situación entre los Estados miembros.

Por otro lado, la Directiva menciona que *'el certificado energético debe describir el estado real de la eficiencia energética del edificio'*. Esto indica la idea de la necesidad de realizar periódicamente la certificación del edificio a lo largo de su vida, para reflejar cómo se aleja de las condiciones de diseño y poder adoptar medidas correctoras para evitarlo, al mismo tiempo que proporcionando una herramienta para cuantificar el efecto real de las medidas de ahorro energético introducidas en el edificio a lo largo de su vida útil. Sin embargo, mediante las coletillas *'en la medida de lo posible'* y *'podría ser revisado'* la Directiva deja completamente en el aire la adopción de esta medida por los Estados miembros.

La definición que hace la Directiva 2002/91/CE de la 'eficiencia energética' de un edificio, parámetro en el que deben basarse los procesos de regulación y certificación energética, es la siguiente:

'Cantidad de energía consumida para satisfacer las necesidades asociadas a un uso estándar del edificio'

Con esta definición, queda claro que el único indicador de esta 'eficiencia' es el consumo energético (en kW.h/año) del edificio. A su vez, este indicador es el único que proporciona al usuario / promotor / administración información real cuantitativa sobre las implicaciones energéticas del edificio, y está al mismo nivel que la información energética proporcionado en caracterizaciones, regulaciones, certificaciones y etiquetados del resto de productos (coches, electrodomésticos, ...). Así interpretamos nosotros el texto y 'espíritu' subyacente en la Directiva, y así lo han interpretado los Estados miembros más avanzados en la implicación del proceso de regulación y certificación que se desprende de esta Directiva. Sin embargo, una vez más, la falta de concreción de la directiva junto a la nomenclatura errónea de 'eficiencia', puede llevar a que algunos Estados miembros adopten otro indicador como indicador principal

encuentre el origen de el sensible alejamiento de las propuestas regulativa y certificativa españolas respecto al 'espíritu' de la Directiva. En efecto, el concepto 'eficiencia' evoca una caracterización adimensional del comportamiento del sistema, mientras que como queda claro en el texto de la Directiva la caracterización requerida es en términos de actuaciones energéticas, esto es, de consumo energético en términos absolutos.

¹³ Literalmente, esto podría interpretarse como la exigencia de que el método de cálculo integrara en el análisis el acoplamiento entre los sistemas de climatización y el edificio. En la herramienta propuesta para la regulación energética en España (LIDER), así como en el propio CTE, no se tiene en cuenta dicho acoplamiento. En la herramienta empleada para la certificación energética propuesta en España (CALENER) tampoco se tiene en cuenta dicho acoplamiento, limitándose a un análisis secuencial de edificio y sistema climatizador.

o exclusivo de los procesos de regulación y certificación energética, con el riesgo evidente de que este otro indicador no permita alcanzar los objetivos que se propone la Directiva: Este es el caso de el indicador empleado por la regulación (CTE- LIDER) y certificación (CALENER) energética propuesta en España.

Este indicador, habitualmente se expresa¹⁴ en forma específica al área útil de la vivienda construida como kW.h/m²-año.

Sin embargo, en el marco de la regulación (CTE) y certificaciones energéticas (CEV y CALENER) propuestas en España que se supone deben trasponer la Directiva 2002/91/CE, no se emplea este indicador de 'eficiencia energética', sino en el mejor de los casos (la opción prescriptiva del CTE todavía da menos información) indicadores cualitativos que reflejan el consumo relativo del edificio analizado (edificio objeto) respecto a un edificio de referencia (además variable con cada edificio objeto), sin que se indiquen los consumos cuantitativos (kW.h/m²-año) del edificio de referencia empleado ni los límites de kW.h/m²-año permitidos por la normativa. De hecho, en las propuestas actuales de regulación y certificación para España no existen estos límites, de tal forma que se llega a los siguientes absurdos:

- En un emplazamiento dado, la regulación propuesta no impone limitación alguna sobre su consumo absoluto (kW.h/m²-año).
- Dos edificios en el mismo emplazamiento y cumpliendo los dos la regulación energética de forma ajustada pueden tener consumos absolutos completamente distintos.
- Dos edificios en el mismo emplazamiento pueden tener certificaciones energéticas que sean mejores para el edificio de mayor consumo absoluto (kW.h/m²-año).

En estas condiciones, los edificios siguen sin estar caracterizados cuantitativamente desde el punto de vista energético, y sus diseñadores / promotores / usuarios siguen sin tener cuantificadas las repercusiones económicas del consumo energético de sus edificios o del ahorro potencial asociado a ciertas medidas de ahorro / eficiencia energética, con lo cual es difícil que estas medidas se lleguen a incorporar.

Es más, en estas condiciones es imposible que la certificación energética voluntaria adquiera ningún grado de implementación significativo ni que actúe como motor alguno de la evolución del sector de la edificación hacia la sostenibilidad:

¹⁴ De hecho, incluso podría resultar adecuado expresarlo en términos específicos en función del número de usuarios (kW.h/usuario-año), garantizando que se cumplan unos valores mínimos de área útil asignada a cada usuario. La caracterización específica relativa al número de usuarios, permitiría que si una vivienda se hace más grande (más m²/usuario), esté forzada a implementar mayores medidas de ahorro, de tal forma que el consumo per cápita fura el mismo que en una vivienda con menor superficie útil por usuario. El valor mínimo aceptado de m²/usuario impediría reducir el consumo per cápita a costa de degradar las condiciones de habitabilidad por debajo de un mínimo aceptado.

- ¿Para qué se va a gastar un promotor el dinero en una certificación si con ello no consigue distinción alguna entre su edificio y el de la parcela de al lado?
- ¿Qué repercusión tendrá sobre la decisión del comprador que busque un edificio eficiente si el edificio con mayor certificación puede tener mayor consumo energético que el de menor certificación?

La Directiva 2002/91/CE establece unos requerimientos mínimos que debe integrar el método de cálculo empleado para la valoración energética del edificio. En el listado propuesto, aunque no es completo, ya hay algunos aspectos no contemplados por la regulación propuesta (energías renovables activas, ventilación natural, equipo de climatización, ...) o en el método de cálculo de la certificación propuesta (ventilación natural). Además, se echan en falta requerimientos mínimos sobre el nivel de confort y la calidad del aire interior. A nuestro juicio deberían introducirse límites cuantitativos a la ausencia de condiciones de confort térmico experimentado por los usuarios del edificio (lo cual descartaría ya muchos de los métodos de cálculo disponibles, entre los que caen los empleados para la regulación y certificación propuestas).

Una vez más, la Directiva peca de falta de concreción en este apartado de requerimientos sobre el método de cálculo. De hecho, entre los requerimientos no hay nada que fuerce a elegir un método de cálculo dinámico del edificio, ni a analizar el acoplamiento entre la respuesta térmica y el transporte advectivo dentro del edificio. Sin embargo, estos dos factores son básicos para la correcta cuantificación del consumo energético del edificio, especialmente cuando se incorporan estrategias de diseño bioclimático y de ventilación y refrigeración pasivas. Un método de cálculo que no incorpore estas capacidades, directamente no podrá valorar los beneficios de estas opciones, pudiendo llegar a la conclusión de que el edificio propuesto no es apto (o certificable) a pesar de que realmente suponga un consumo energético menor que la referencia.

Tampoco queda claro en las especificaciones del método de cálculo que deba considerar el acoplamiento dinámico con instalaciones climatización, lo cual puede conducir a valoraciones energéticas incorrectas, pudiendo discriminar opciones que realmente conduzcan a un menor consumo energético. Así, por ejemplo, en las herramientas de cálculo propuestas para la regulación y certificación energética en España (LIDER y CALENER) no hay opción de analizar sistemas de climatización radiante de baja temperatura (suelos y muros radiantes), los cuales al ser empleados con edificios de elevada inercia pueden conducir a un acoplamiento mucho más favorable del equipo climatizador con la carga, lo cual repercute en un menor consumo energético que no se ve reflejado por los resultados proporcionados por estas herramientas de cálculo.

A la hora de establecer los requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios nuevos, la Directiva también queda completamente indefinida al no imponer prácticamente ningún requisito, excepto la necesidad de analizar la

viabilidad de sistemas basados en energías renovables o cogeneración para edificios nuevos de más de 1000 m².

Además, en ningún punto de la 2002/91/CE se hace referencia al análisis en ciclo de vida del edificio, quedándose limitada al consumo energético para operar el edificio. Como comentaremos más adelante, la *'embodied energy'* o energía empleada para que los componentes de edificio (estructura y equipos) lleguen a constituir el edificio, puede tener un peso muy importante en el consumo total de energía del edificio, tanto más cuanto más eficiente se haga el edificio desde el punto de vista del consumo energético de operación. Esta situación puede conducir al sin sentido de conceder una mejor certificación a un edificio que en su ciclo de vida (y por tanto en el balance global) consume más energía que otros que no tienen dicha calificación.

Respecto al certificado energético como tal, la 2002/91/CE establece los siguientes puntos:

- Debe incluir la 'eficiencia energética' según lo definido en la Directiva y calculada según la metodología indicada en la Directiva.
- Al construir, vender o alquilar el edificio se debe aportar su certificado de eficiencia.
- La validez del certificado no puede exceder de 10 años.
- Adicionalmente a la 'eficiencia energética', el certificado debe incluir valores de referencia de consumo energético como la normativa vigente (en las propuestas españolas no hay valores de referencia conocidos) y valoraciones comparativas (las únicas que proporciona la propuesta española).
- El certificado debe ir acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.

Respecto a la inspección de equipos, la Directiva impone:

- Inspección periódica de calderas con potencia de 20 a 100 kW
- Inspección al menos cada 2 años de calderas con potencia superior a 100 kW (4 años para las de gas natural).
- Inspección de todo el sistema de calefacción para calderas de más de 20 kW y más de 15 años de antigüedad.
- Inspección periódica de sistemas de aire acondicionado con potencias superiores a 12 kW.

La Directiva 2002/91/CE debe ser adoptada por los Estados miembros antes del 4/1/06. Sin embargo, aduciendo escasez de especialistas cualificados o acreditados, la directiva proporciona un periodo adicional de 3 años (hasta 4/1/09) para la aplicación plena de las disposiciones relativas al certificado de eficiencia energética de las viviendas, y a la inspección de calderas y de sistemas de aire acondicionado. Estos plazos parecen excesivos teniendo en cuenta que en 2008-2012 ya se debe haber alcanzado el objetivo del primero periodo de compromiso del protocolo de Kyoto, y el hecho de que este primer objetivo de Kyoto es mucho menos exigente que las medidas necesarias para

estabilizar el cambio climático. Por tanto, teniendo en cuenta el importante peso del sector de la vivienda sobre el consumo de energía en la UE, así como las elevadas vidas útiles de las viviendas (50 – 100 años), parece que la Directiva debería haber sido más exigente en los plazos de trasposición y entrada en vigor.

3. Etiquetado energético en la UE: Otras experiencias

En la UE hay países que ya cuentan con una importante experiencia en la aplicación de etiquetados energéticos de los edificios (como Dinamarca), así como una serie de iniciativas activadas a partir de la Directiva 2002/91/CE que han permitido ir avanzando en la concreción de los objetivos trazados en esta directiva.

Parece adecuado partir del conocimiento de estas experiencias para contextualizar mejor el estado en el que se encuentra el proceso de implementación de la 2002/91/CE en nuestro país.

3.1. Propuesta de etiquetado energético para la UE (proyecto PREDAC)

En el marco del proyecto PREDAC (Promoting Actions for Renewable Energies) se elaboró a principios del 2003 la 'Guide for a building energy label', como un documento destinado a facilitar a los Estados miembros la implementación de la Directiva 2002/91/CE. En este documento se hace una evaluación previa del estado actual de las regulaciones y certificaciones energéticas en los Estados miembros, para posteriormente establecer las directrices de los aspectos que se deberían tener en cuenta para el establecimiento de un etiquetado energético en la UE.

Este trabajo está principalmente dirigido a Estados centroeuropeos, por lo que los conceptos contemplados en la regulación y certificación energética proponen que sean los siguientes:

- Energía para calefacción
- Energía para ACS
- Energía para iluminación
- Energía eléctrica para ventilación

En el caso de los países del sur de Europa, a estos conceptos energéticos habría que añadir la energía necesaria para refrigeración.

Respecto a la energía eléctrica para iluminación la retienen en la valoración energética del edificio por estar asociada al diseño de éste, y en especial al aprovechamiento de la iluminación natural.

La energía eléctrica para ventilación, en los países centroeuropeos donde es común disponer de sistemas de ventilación forzada del edificio, también está asociada al diseño del edificio, por lo que proponen incorporarla en la valoración energética del edificio.

Además, respecto al consumo energético del edificio, proponen que tanto las regulaciones como las certificaciones estén referidas al consumo de energía primaria, con el fin de incorporar los rendimientos de los procesos de generación de la forma de energía final utilizada en el cómputo energético.

Por tanto, todos los valores presentados en este apartado del consumo energético de los edificios, en términos de kW.h/m²-año, están referidos a energía primaria y adaptados de las regulaciones originales para incorporar todos los conceptos energéticos recomendados (calefacción, ACS, iluminación y ventilación).

Respecto al estado actual regulación en la UE, la situación es muy dispar entre los distintos Estados miembros. Se encuentran factores de 4 en los límites de consumo energético especificados en las distintas regulaciones:

- Alemania: 80 kW.h/m²-a
- Francia¹⁵: 400 kW.h/m²-a

Respecto a la implementación de la certificación energética de la Directiva 93/76/CE, la situación también es muy dispar, existiendo Estados que ya contaban con procesos de certificación energética previos a esta Directiva (Dinamarca) y otros en los que todavía no se ha implementado la certificación energética de edificios.

En los países donde ya se han implementado procesos de certificación energética, ésta es bastante más exigente que los límites impuestos por la regulación energética. Así, por ejemplo, en Alemania tenemos los distintos límites de consumo energético:

- Regulación: 80 kW.h/m²-a
- Certificación 'Passiv Haus': 30 kW.h/m²-a
- Certificación 'Plus Energie Haus' : - 30 kW.h/m²-a

El certificado alemán 'Plus Energie Haus' hace referencia a edificios con consumo negativo de energía, es decir, edificios que generan una cantidad neta de energía a lo largo de su vida. Estos edificios, además de ser 'Pasiv Haus', es decir, de tener un consumo de energía muy bajo, implementan

¹⁵ En Francia, el límite de la regulación energética oscila entre 210 kW.h/m²-año para una vivienda aislada a 170 kW.h/m²-año para una vivienda adosada si se emplean combustibles fósiles, pero si se emplea electricidad para la calefacción de la vivienda, los límites anteriores ascienden a 400 kW.h/m²-año y 325 kW.h/m²-año respectivamente. La potenciación del consumo de energía eléctrica en Francia para aplicaciones térmicas de baja temperatura, que en términos termodinámicos es una aberración, está ocasionada por el gran porcentaje de energía nuclear en su sistema eléctrico y la necesidad para operar dicho sistema de regularizar la curva de demanda.

sistemas activos de generación de energía basados en fuentes renovables o cogeneración (por ejemplo paneles fotovoltaicos), de tal forma que la energía que generan supera a la energía que consumen.

En la Figura-1 mostramos los distintos niveles de consumo energético permitidos en los distintos Estados miembros analizados por este estudio. Como puede observarse los niveles de exigencia son muy dispares en los distintos Estados miembros. En este estudio se propone igualar los niveles de exigencia en los certificados energéticos de viviendas expedidos por los distintos Estados miembros.

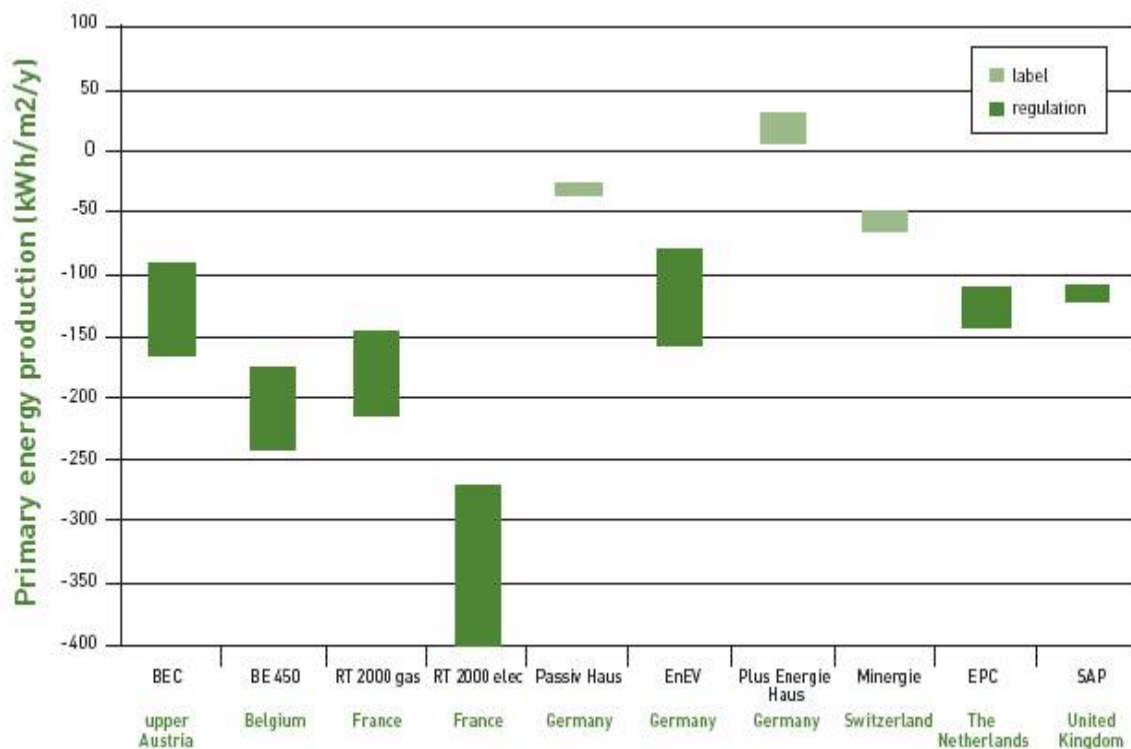


Figura-1: Niveles de consumo energético de los edificios permitidos por distintas regulaciones y certificaciones energéticas. Energía referida en términos de energía primaria y englobando los consumos de calefacción, ACS, iluminación y ventilación. En color verde oscuro aparecen los rangos de consumo energético permitidos por las regulaciones energéticas, mientras que en color verde claro aparecen los rangos de consumo energético permitidos por las certificaciones energéticas. Los valores representados son negativos para los edificios que consumen energía y positivos para los edificios que representan un aporte neto de energía. [Ref.1].

También hay importantes diferencias en la estructura de las regulaciones energéticas de los países de la UE15:

- En cuanto al indicador empleado:
 - Coeficiente global de transferencia
 - Demanda de calefacción
 - Energía primaria

- En cuanto a los aspectos contemplados:
 - Calefacción
 - ACS
 - Iluminación
 - Ventilación
- En cuanto a la modulación de los umbrales permitidos:
 - Con la forma edificio (compacidad)
 - Con el clima
 - Con el tipo de energía empleado
- En cuanto a los modelos de evaluación empleados:
 - Coeficiente global de transferencia
 - Métodos manuales y estacionarios de evaluación del consumo
 - Simulación energética del edificio

Según este trabajo, las funciones que debe cumplir la certificación y etiquetado energético de los edificios son las siguientes:

- Impulsar el mercado más allá de los límites impuestos por las regulaciones
- Cuantificar estado actual del sector en cuanto a su consumo energético y su progreso hacia la sostenibilidad
- Influir en las decisiones de compra / alquiler
- Permitir comparación entre distintos edificios

Para alcanzar estos objetivos, el indicador propuesto son los kW.h/m²-año de energía primaria consumida para satisfacer las necesidades de calefacción (+ refrigeración en países del sur de Europa), ACS, iluminación y ventilación.

El certificado se propone que sea común para todos los países de la UE y que clasifique el consumo energético del edificio (kW.h/m²-año) en una escala de letras como la ya empleada para los electrodomésticos y por tanto conocida por los consumidores europeos, en la que la certificación A corresponda al nivel de consumo de la mejor tecnología disponible (certificación 'Passiv Haus' alemana: 32 kW.h/m²-año) y la certificación G corresponda al nivel medio de la regulación energética actual, que cifra en 200 kW.h/m²-año. Además, en el certificado se debe indicar el consumo energético total de la vivienda (kW.h/año). En la Figura-2 mostramos la configuración de certificado propuesta:

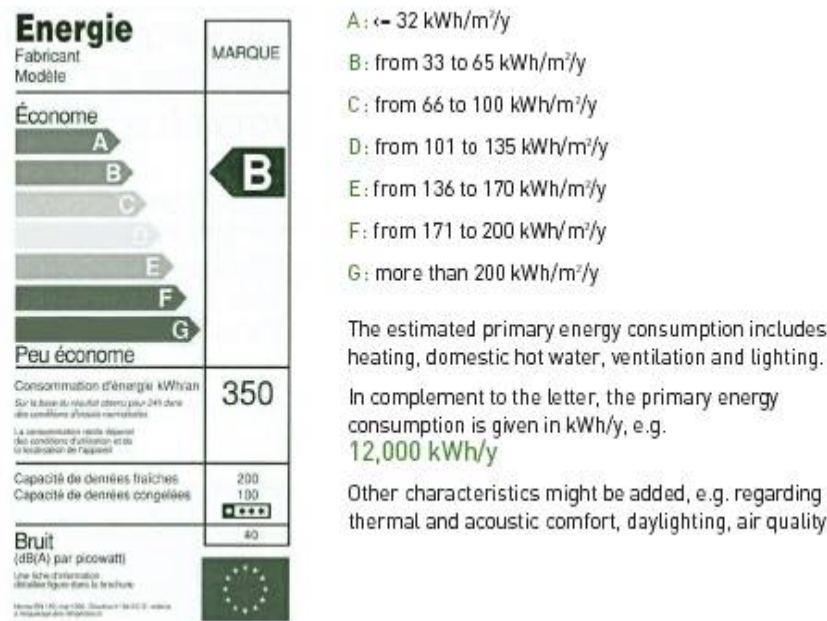


Figura-2: Certificado energético propuesto en el marco del proyecto PREDAC. En consumo energético indicado corresponde a energía primaria y engloba los conceptos de calefacción, ACS, iluminación y ventilación. En los países del sur de Europa además debería incluir el consumo de energía primaria asociado a la cobertura de la demanda de refrigeración. [Ref.1].

Otro de los aspectos que surgen a la hora de implementar una certificación energética de edificios en la UE es la adaptación de los umbrales o límites entre las distintas categorías del esquema de etiquetado, por conceptos de compactidad de la vivienda, de tipo de energía consumida y de clima. La propuesta de este trabajo es que los umbrales sean únicos en toda la UE para poder tener un marco común de referencia al igual que sucede con otros sistemas sometidos a etiquetado energético (por ejemplo electrodomésticos). Algunas de las razones para suprimir la modificación de umbrales por distintos conceptos son las siguientes:

- Modificación umbrales por compactidad. Con el indicador empleado (kW.h/m²-año) no es adecuado modificar los umbrales de referencia con la compactidad¹⁶, para potenciar de esta forma el buen diseño energético de la vivienda.
- Modificación de umbrales por tipo de energía empleada. Esta modificación del umbral es innecesaria si se emplea la energía primaria como indicador.

¹⁶ En el caso de emplear como indicador el coeficiente global de transferencia, como en la actual legislación española, si que sería necesario introducir una modificación de los umbrales con la compactidad de la vivienda con el fin de mantener acotado su consumo energético tal y como comentaremos más adelante. Sin embargo, es mucho más adecuado emplear como indicador el consumo de la vivienda que su coeficiente global de transferencia, pues éste último no presenta una relación directa con el consumo de la vivienda, por lo que al usarlo como indicador no se está limitando de forma efectiva dicho consumo.

- Modificación de umbrales por el clima en el que está emplazada la vivienda. Esta es la adaptación de umbrales más comúnmente propuesta tanto para regulaciones energéticas como para certificaciones energéticas. Sin embargo, en la [Ref.1] se propone eliminar la discriminación climática en las categorías de la certificación energética por los siguientes motivos, a los que cabría añadir que al añadir las necesidades energéticas para refrigeración en los países del sur de Europa las diferencias de consumo energético entre los distintos emplazamientos climáticos se ven muy diluidas:
 - No adaptar permite marco común
 - Optimización técnico-económica: Alcanzar la certificación-A debe ser más fácil en climas benignos. Si se introdujera una discriminación climática, para alcanzar la certificación-A en un clima benigno sería necesario por ejemplo emplear un mayor espesor de aislante del óptimo técnico-económico, consiguiendo un beneficio ambiental prácticamente igual con un coste económico superior.

Respeto al método de cálculo, en la Ref.[1], si bien sin descender a demasiado detalle, se indica que en la medida de lo posible debe estar basado en simulaciones dinámicas, por ser la única herramienta que permite una correcta y precisa valoración energética en cualquier edificio. Sin embargo, en el caso de no emplear una simulación dinámica, realizan una propuesta de un método de certificación basado en puntos. En este método se asignan una serie de puntos por cada concepto energético del edificio. El método propuesto descansa sobre simulaciones más o menos detalladas (no queda claro en Ref.[1] opero a juzgar por los resultados empleados algunos de los métodos empleados no debían ser demasiado precisos) para posteriormente linealizar la dependencia de cada una de las variables presentadas. Los inconvenientes de esta forma de proceder (falta de precisión y falta de generalidad) quedan patentes en los desarrollos presentados en la propia Ref.[1], y a nuestro parecer deberían descartar metodologías de valoración energética de este estilo, empleando los procesos de regulación y certificación energética para introducir en el sector de la edificación herramientas que permitieran una correcta valoración energética de las mismas.

Para terminar, conviene señalar que este trabajo no incorpora las consideraciones de análisis de ciclo de vida en la certificación energética, lo cual, según justificaremos más adelante, puede conducir a resultados incongruentes en el proceso de certificación.

3.2. La experiencia Danesa

Dinamarca es el estado miembro con una mayor tradición en etiquetado energético de edificios (desde los años 80). En la [Ref.2] se describe la experiencia danesa con el etiquetado energético desde la perspectiva de la Directiva 2002/91/CEE. Actualmente, Dinamarca tiene establecidos desde 1997 dos procesos de etiquetado energético de edificios, uno para grandes edificios (frontera en 1500 m²) que cubren la mayoría de objetivos de la Directiva 2002/91/CE, siendo incluso más exigentes que la propia directiva en algunos aspectos. En la Figura-3 mostramos las distintas regulaciones y certificaciones energéticas en el sector de la edificación actualmente vigentes en Dinamarca.

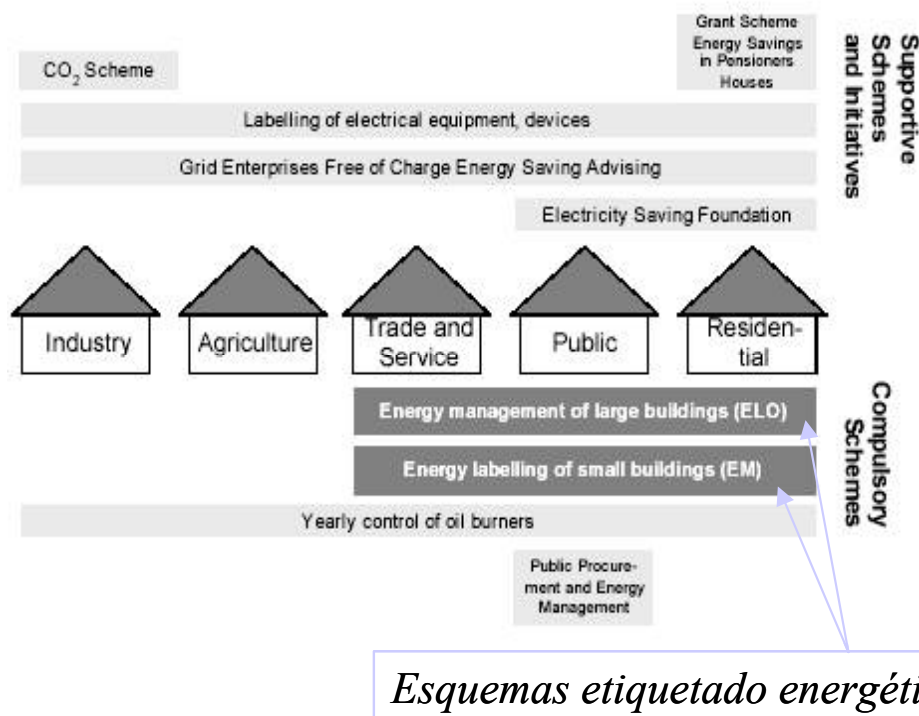


Figura-3: Distintos procesos de regulación y certificación energética vigentes en Dinamarca para el sector de la edificación, indicando el tipo de edificios a los que afecta cada una de las regulaciones. [Ref.2]

Ambos esquemas de certificación energética de edificios daneses incorporan tanto una valoración energética del edificio como un plan de mejoras energéticas para el mismo donde se valoran desde un punto de vista técnico-económico las distintas mejoras propuestas por el consultor para mejorar el comportamiento energético del edificio. Este plan de mejoras, así como la regularidad de actualización del certificado permiten hacer un seguimiento continuo de las actuaciones energéticas del edificio, articulando la incorporación de medidas de ahorro y eficiencia energética en el edificio. En estas condiciones, el etiquetado energético se muestra especialmente efectivo para incorporar mejoras en edificios existentes, donde las medidas regulativas actuales no ejercen efecto alguno.

Los certificados daneses incorporan consumo de energía para calefacción, electricidad y consumo de agua, siendo por tanto de ámbito más general que los certificados energéticos propuestos por la 2002/91/CE.

Para edificios grandes, en Dinamarca tienen el *'Energy Management Scheme for Large Buildings'* (ELO). Esta certificación energética es obligatoria para todos los edificios de más de 1500 m², y tiene una frecuencia anual tanto del proceso de etiquetado como del plan energético del edificio. Este certificado energético está basado en la medida de consumos realizadas por el propietario del edificio, que el consultor encargado de emitir las certificaciones procesa con herramientas desarrolladas para este certificado, incorporando valoraciones del impacto de distintas mejoras energéticas (tanto sobre la certificación como sobre los costes involucrados) para que el propietario pueda priorizar las acciones a tomar. Como el certificado se repite con frecuencia anual, el propietario puede contrastar las previsiones de una cierta medida con los resultados finalmente alcanzados. Esta metodología proporciona tanto al usuario como a la administración una monitorización muy cercana del estado energético de los edificios y de su evolución.

Uno de los aspectos en los que se pone un especial cuidado es en el control de calidad del proceso (tanto del etiquetado como de los consultores) por la administración, a fin de que el certificado goce de un buen prestigio entre los actores involucrados, lo cual es fundamental para su extensión e impacto sobre el mercado de la edificación.

En 2003 sólo 42 % edificios (y el 52 % superficie) estaban registrados en el proceso de certificación energética, a pesar de su carácter obligatorio. Al analizar las causas de esta bajo porcentaje de aplicación concluyeron que era fundamentalmente debido al desconocimiento de los propietarios de su necesidad de certificar su edificio.

Otro aspecto importante son los costes del certificado para el propietario del edificio. En la Figura-4 mostramos los costes tipo de este certificado. Como vemos se estipulan algunos costes en algunos de los sectores de mercado dejando otros abiertos a la libre competencia entre los consultores. Debemos tener presente que el carácter simplificado de las herramientas empleadas (más de lo establecido por la 2002/91/CE) no requiere un gran trabajo de simulación. En el caso de emplear herramientas de simulación dinámica más detalladas, el coste del certificado aumentaría.

Prices for ELO inspection

Building Size	1,500-4,999 m ²	5,000-10,000 m ²	more than 10,000 m ²
Building Type			
Buildings for living purposes	465 € + 0,05 € per m ²	465 € + 0,05 € per m ²	By the market (no max)
Other buildings	465 € + 0,11 € per m ²	By the market (no max)	By the market (no max)
"Special buildings" with complicated systems	737 € + 0,11 € per m ²	By the market (no max)	By the market (no max)

Figura-4: Estructura de costes del certificado danés para grandes edificios (> 1500 m²). Ref.[2].

En la Figura-5 mostramos la hoja del certificado energético con sus tres etiquetas, la de calefacción, la de electricidad y la de agua. En la Figura-6 aparece las hojas del plan de mejoras energéticas (y de gestión del agua).

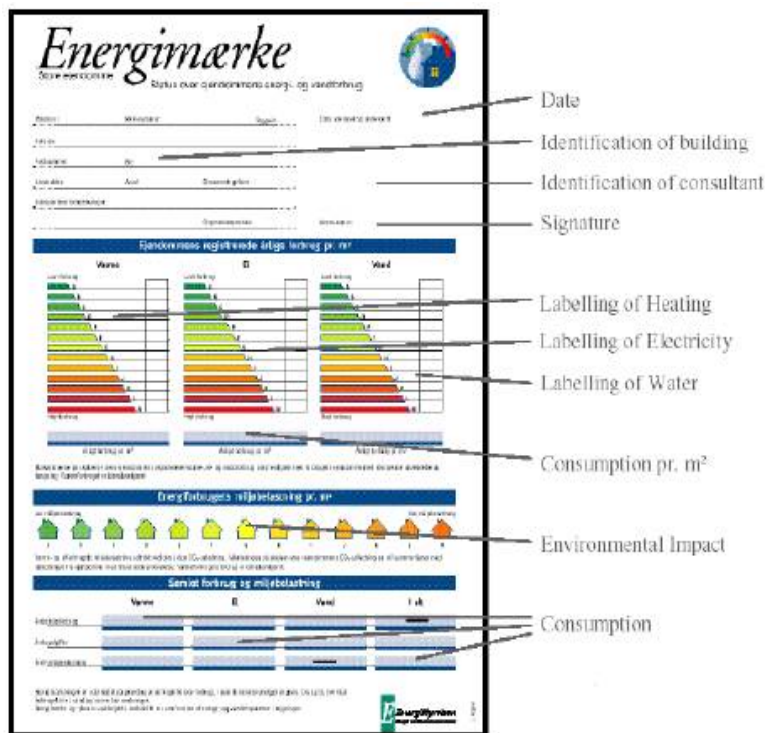


Figura-5: Etiquetado energético danés para grandes edificios (> 1500 m²). Ref[2].

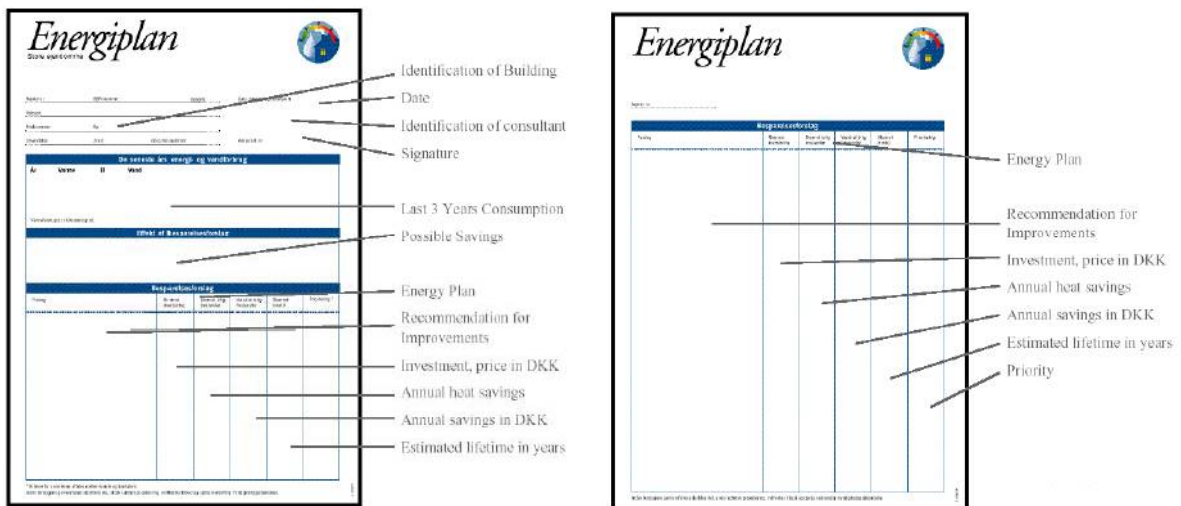


Figura-6: Plan de mejoras energéticas y de gestión del agua para el certificado danés de grandes edificios (>1500 m²). Ref.[2].

El certificado danés para pequeños edificios ‘*Energy Labelling in Small Buildings*’ (EM) es obligatorio para edificios de menos de 1500 m², y debe estar disponible en cualquier transacción (validez 3 años anteriores). El responsable de obtener el certificado es el vendedor. Este certificado, a diferencia del anterior, está basado en el estado actual de la vivienda (valoración energética basada en cálculo) y no en medidas, aunque también presenta los valores de consumo medidos el año anterior a la expedición del certificado.

El cálculo de las actuaciones energéticas en este certificado se realiza con un software específico desarrollado a tal fin por la administración. El método de cálculo es muy simplificado, tanto en la evaluación de la demanda energética del edificio (estacionario con balances mensuales) como en los distintos sistemas que incorpora. Esto, por un lado, permite mantener costes bajos del certificado (valoración energética + plan energético), que en una vivienda de tipo unifamiliar están entorno a 500 €, pero por otro lado ha sido una de las causas identificadas (junto al desconocimiento de los usuarios) del bajo porcentaje de aplicación del certificado hasta la fecha (a pesar de ser obligatorio), al no gozar el método de cálculo de buena reputación y haber estado sometido a importantes críticas por parte del sector de la edificación desde un principio de su implementación. En el 2003 la aplicación del certificado afectó sólo a un 60 % de los edificios potenciales, y en los seis años y medio de aplicación sólo el 20 % de las viviendas unifamiliares han sido certificadas. En la Figura-7 mostramos la hoja de este certificado energético, yendo acompañada de un plan de mejoras energéticas.

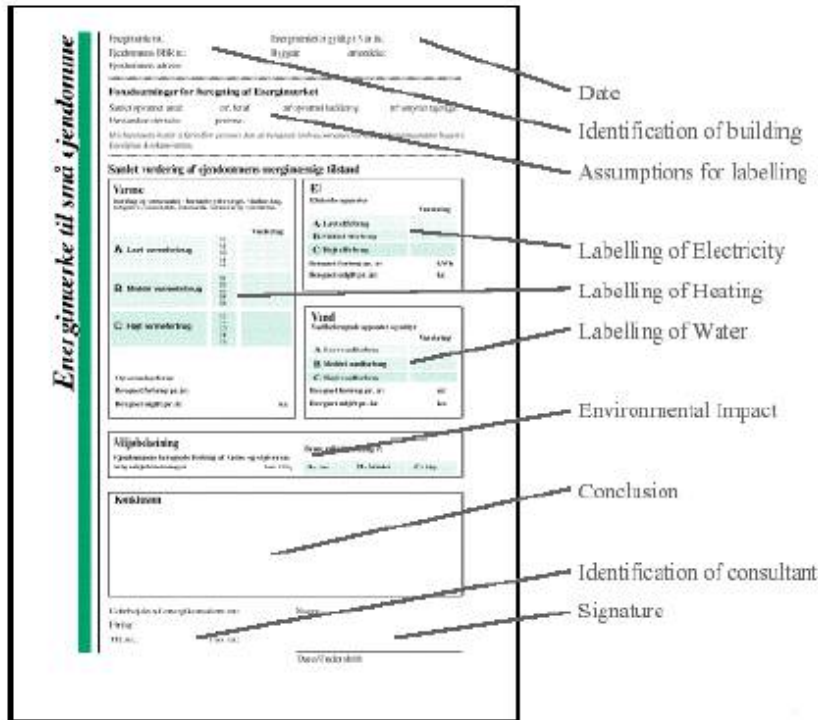


Figura-7: Etiquetado energético danés para pequeños edificios (<math><1500\text{ m}^2</math>). Ref.[2].

Como resumen, en la Ref.[2] valoran positivamente la experiencia de los esquemas de etiquetado, indicando que los mismos han permitido:

- Conocer con precisión el estado actual de consumos y su evolución en el sector de la edificación.
- Identificar correctamente los potenciales de ahorro energético en el sector y priorizar de forma adecuada las distintas estrategias de mejora, tanto por parte de la administración como por parte de los propietarios.

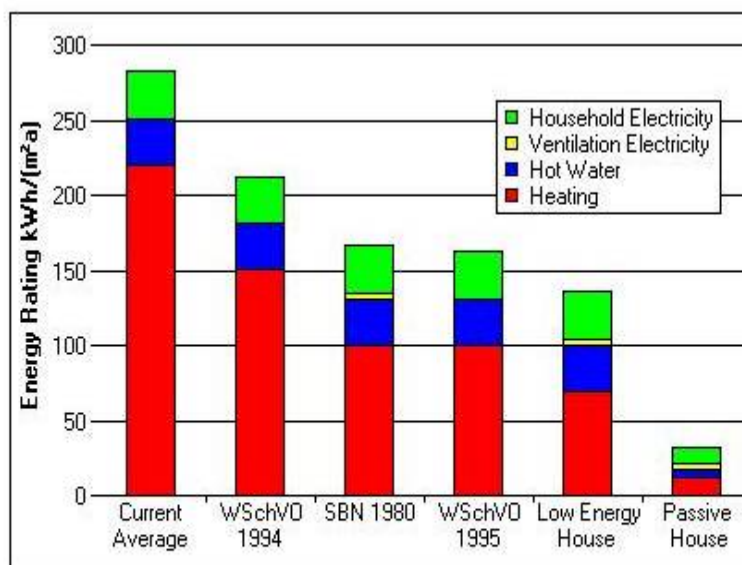
Sin embargo, resaltan la importancia que tiene el que el método de certificación energética resulte completamente transparente y goce de buena reputación para que ejerza un efecto significativo en el sector de la edificación. A este respecto, conviene resaltar que el proceso de certificación propuesto para España, además de no ser obligatorio como en Dinamarca, no es nada transparente y ofrece motivos de peso para no ganarse una buena reputación, por lo que a la luz de la experiencia danesa no parece aventurado pronosticarle un gran fracaso en cuanto a su impacto sobre el sector de la edificación.

3.3. Etiquetado energético en Alemania

En Alemania existen dos certificaciones energéticas, ambas basadas en herramientas de simulación dinámica para obtener una buena valoración energética de los edificios y poder incluir las distintas estrategias de diseño y operación.

El certificado Passiv Haus requiere un consumo de energía *primaria* para calefacción inferior a 15 kW.h/m²-año, que al añadirle el consumo de energía primaria para ACS, iluminación y ventilación pondría el umbral para obtener el certificado en 30 kW.h/m²-año. Estos umbrales son únicos para todas las viviendas (no modulación por compacidad ni por clima).

En la Figura-8 puede verse comparado el nivel de consumo energético de una Passiv Haus con el correspondiente al valor medio del parque de viviendas actual y a distintos niveles regulatorios. Como podemos ver, la certificación es bastante más exigente que la regulación vigente, que a su vez es ya de por sí bastante más exigente que la regulación Española



Comparison of Energy Ratings of Homes

WSchVO = German Heat Protection Regulation

SBN = Swedish Construction Standard

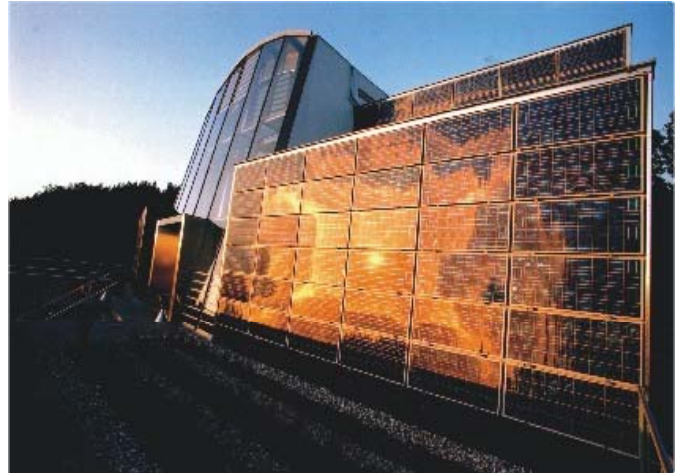
Figura-8: Comparación del nivel de consumo de energía primaria para el certificado 'Passiv Haus', para distintas regulaciones vigentes en Alemania, y para el estado actual de las viviendas alemanas.

En Alemania existe otra certificación energética de viviendas todavía más exigente que la 'Passiv Haus'. Es la 'Plus Energie Haus', que etiqueta aquellas viviendas que cumpliendo con el etiquetado de la 'Passiv Haus' además compensan su consumo energético con una producción energética excedente

basada en fuentes de energía renovable o cogeneración. Por tanto, una 'Plus Energie Haus', a lo largo de su vida genera una cantidad de energía superior a la que consume para operación. En la Figura-9 mostramos un par de ejemplos de viviendas en posesión de la etiqueta Plus Energie Haus. En ambos casos el excedente de producción energética se alcanza mediante instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica.



Bioclimática: 12,8 kW.h/m²-a
Bioconstruida
17,4 m² colectores solares
10,35 kW_p
Almacenamiento agua lluvia



208 m² ; 22 kW_p ; Pproducción : 16500 kW.h/a

Figura-9: Un par de ejemplos de viviendas con el certificado 'Plus Energie Haus'. Son viviendas que generan un excedente de energía respecto a su consumo energético de operación.

Comparando la certificación alemana con la propuesta para España, podemos indicar las siguientes diferencias:

- La certificación Alemana está basada en la cuantificación del consumo de las viviendas (kW.h/m²-año), en lugar de en descriptores cualitativos que ocultan el consumo real de la vivienda como en el caso de la certificación Española.
- En la certificación Alemana no existe ninguna modulación del umbral en función de compacidad y clima, como sí que existe en la certificación propuesta para España.
- La certificación es bastante más exigente que la regulación en el caso alemán.

Como única crítica a los procesos de certificación energética de edificios alemanes cabe apuntar el hecho de que considera sólo la energía consumida para operar los edificios, sin hacer consideración alguna a la energía almacenada en los elementos del edificio (embodied energy). Esto, como comentaremos más adelante puede conducir a situaciones sin sentido en las que una vivienda con certificado tenga un impacto global más desfavorable que otra vivienda sin certificado.

4. El etiquetado energético en USA

En los EEUU han proliferado diversos certificados energéticos de vivienda (desde 1990 más de 20 procedimientos 'green rating' en USA), y en términos más amplios que las consideraciones energéticas, certificados 'verdes' tratando de distinguir la sostenibilidad de diverso tipo de edificios. Sin embargo, en la actualidad destaca por su extensión y nivel de aceptación (consenso) el certificado LEED (*'Leadership in Energy and Environmental Design'*) desarrollado por el U.S. Green Building Council con los siguientes objetivos:

- Definir 'Edificio Verde' al establecer estándar de medida
- Evitar la 'falsificación verde'
- Promover prácticas de diseño integrales
- Reconocer liderazgo medioambiental en industria construcción
- Estimular competitividad 'verde'
- Generar conciencia en el consumidor sobre beneficios edificios verdes
- Transformar el mercado de la construcción

El certificado LEED está basado en una serie de prerequisites (41) y créditos con puntuación asociada (total 69 puntos), repartidos entre distintos aspectos relacionados con la sostenibilidad del edificio:

- Emplazamiento sostenible
 - o 1 prerequisite ; 14 puntos
- Eficiencia uso agua
 - o 0 prerequisite ; 5 puntos
- Energía y atmósfera
 - o 3 prerequisite ; 17 puntos
- Materiales y recursos
 - o 1 prerequisite ; 13 puntos
- Calidad ambiente interior
 - o 2 prerequisite ; 15 puntos
- Innovación y proceso diseño (acústica, potenciación comunidad, educación, ...)
 - o 0 prerequisite ; 4 puntos

Las categorías de etiquetado LEED son las siguientes:

- Certificado LEED: 26-32 puntos
- LEED plata: 33-38 puntos
- LEED oro: 39-51 puntos
- LEED platino: 52-69 puntos

En la Figura-10 mostramos un par de edificios con etiquetado LEED certificado y oro, mientras en la Figura-11 se puede observar el reparto porcentual de puntos entre las distintas categorías contempladas por LEED. Como puede apreciarse en esta última figura, los aspectos energéticos, si bien constituyen la partida más importante, constituyen sólo el 27 % del total de puntos.



Figura-10: Edificios con etiquetado LEED.

LEED-NC™ Point Distribution

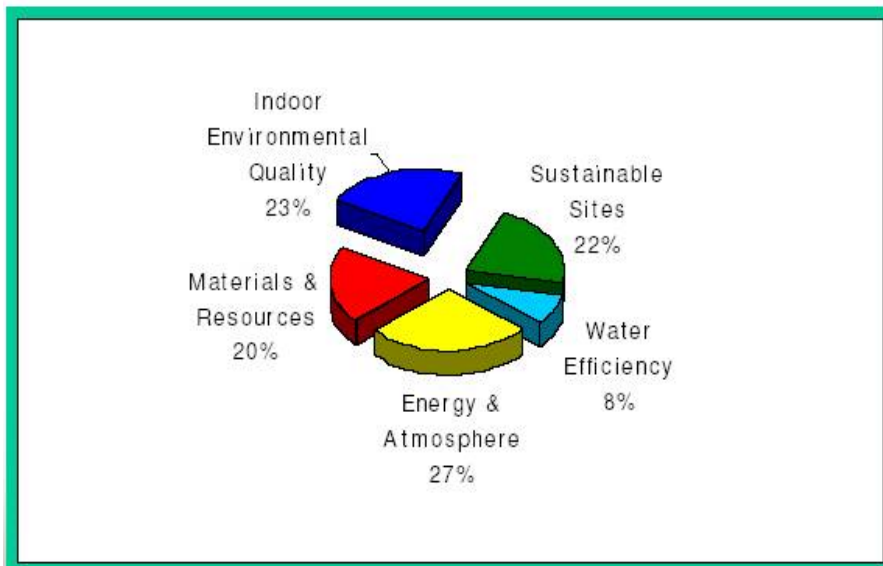


Figura-11: Reparto de los puntos LEED entre las distintas categorías consideradas.

El procedimiento para obtener el certificado LEED consiste en presentar la justificación documental necesaria para justificar cada punto del certificado al que se aspire. En la Figura-12 puede observarse la estructura de los puntos de una de las categorías LEED. Existen documentos detallados indicando los procedimientos y documentación requerida para justificar el cumplimiento de cada uno de los 69 puntos del certificado LEED.

LEED Version 2.1 Registered Project Checklist		Sample Project Cañon City, CO	
Sustainable Sites		14 Points	
Yes ? No			
Y	Prereq 1 Erosion & Sedimentation Control	Required	
	Credit 1 Site Selection		1
	Credit 2 Urban Redevelopment		1
	Credit 3 Brownfield Redevelopment		1
	Credit 4.1 Alternative Transportation, Public Transportation Access		1
	Credit 4.2 Alternative Transportation, Bicycle Storage & Changing Rooms		1
	Credit 4.3 Alternative Transportation, Alternative Fuel Vehicles		1
	Credit 4.4 Alternative Transportation, Parking Capacity and Carpooling		1
	Credit 5.1 Reduced Site Disturbance, Protect or Restore Open Space		1
	Credit 5.2 Reduced Site Disturbance, Development Footprint		1
	Credit 6.1 Stormwater Management, Rate and Quantity		1
	Credit 6.2 Stormwater Management, Treatment		1
	Credit 7.1 Landscape & Exterior Design to Reduce Heat Islands, Non-Roof		1
	Credit 7.2 Landscape & Exterior Design to Reduce Heat Islands, Roof		1
	Credit 8 Light Pollution Reduction		1
Yes ? No			
Water Efficiency		5 Points	
	Credit 1.1 Water Efficient Landscaping, Reduce by 50%		1
	Credit 1.2 Water Efficient Landscaping, No Potable Use or No Irrigation		1

Figura-12: Estructura de los puntos LEED de una de las categorías.

Para los puntos relativos al comportamiento energético del edificio se requiere una simulación energética del edificio. Sin embargo, en el marco del certificado LEED la simulación energética es sólo un aspecto entre otros muchas consideraciones que incluyen:

- Análisis en ciclo de vida edificio y materiales
- Impacto económico, ambiental y sobre salud
- Relación con entorno (transporte, trabajo, ...)

La experiencia hasta la fecha en la aplicación del certificado LEED ha mostrado los siguientes beneficios económicos:

- Reducción costes O&M
- Incrementos productividad en edificios mejorados con LEED

El certificado LEED se ha aplicado fundamentalmente en los EEUU, pero también en otros países: Australia, Canadá, China, Japón, Hong Kong, India, Francia y España.

En la Figura-13 mostramos la extensión territorial en los EEUU de la aplicación del certificado LEED a noviembre de 2003. En la Figura-14 puede observarse la superficie certificada en distintos estados hasta la misma fecha.

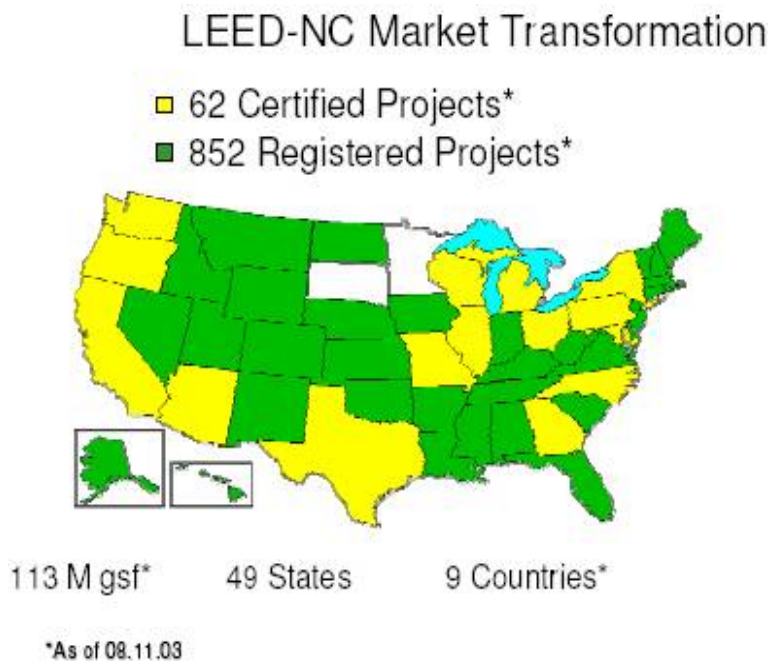


Figura-13: Reparto territorial de proyectos con certificado LEED en los EEUU a noviembre de 2003.

LEED™-NC Market Transformation

- Registered Projects by State* - Top 10



Figura-14: Superficie con certificado LEED en los 10 estados de EEUU con mayor implementación del certificado a noviembre de 2003.

En cuanto a los plazos, generar toda la información necesaria para justificar los puntos del certificado LEED es un proceso multidisciplinar laborioso que entre otras cosas requiere realizar una simulación energética dinámica del edificio, y requieren de su consideración desde las etapas iniciales de diseño del proyecto. Una vez completada la documentación, se lleva a cabo una revisión preliminar de la misma que se prolonga durante de 3 a 5 semanas, en la que se analiza la documentación presentada para cada crédito y prerrequisito. Posteriormente se dispone de otras 4 semanas para presentar la documentación que falte para obtener la concesión de los distintos puntos, tras lo que sigue la revisión final de la documentación que puede prolongarse durante otros tres meses.

En cuanto a los costes, en la Figura-15 mostramos las tarifas administrativas tipo para obtener el certificado LEED, sin incluir los honorarios de el/los consultores que deben generar toda la documentación necesaria para justificar los puntos del certificado. En la Figura-16 mostramos la ficha descriptiva de un proyecto LEED-oro del 2001.


	Less than 75,000 Square Feet	75,000 - 300,000 Square Feet	More than 300,000 Square Feet
Charges	Fixed Rate	Based on Square Ft.	Fixed Rate
Registration			
Members	\$750.00	\$0.01 per Square Foot	\$3,000.00
Non-Members	\$950.00	\$0.0125 per Square Foot	\$3,750.00
Certification*			
Members	\$1,500.00	\$0.02 per Square Foot	\$6,000.00
Non-Members	\$1,875.00	\$0.025 per Square Foot	\$7,500.00

*Certification fee for projects registered under Version 2.0 (prior to November 15, 2002) is \$1200 (members) or \$1500 (non-members).

CIRs (after first two) \$220 each

Figura-15: Costes de la obtención del certificado LEED, sin incluir los costes asociados a generar la documentación requerida para justificar los distintos puntos del certificado (honorarios del consultor).

Jean Vollum Natural Capital Center Portland, Oregon



Owner: EcoTrust

Project Manager: FGE Green Building Services
Ralph O'Moia
(903) 803-7669

Building Statistics:

Completion Date: September 2007

Cost: \$143 square foot

Size: 70,000 gross square feet

Footprint: 20,000 square feet


Construction Type: Concrete/Steel

Use Group: Retail

Lot Size: 0.90 acres

Annual Energy Use: 48Btu/ft²/year

Occupancy: 120 Staff



Sustainable Sites

- Site Selection: Reused a warehouse built in 1885
- Urban Redevelopment: Part of revitalization effort in Portland's historic Pearl District
- Alternative Transportation: Portland streetcar and seven bus stops within 3/4 mile of building; bicycle parking available for 47% of parking spaces; showers for 27% and lockers for 80%; two alternative fuel car-sharing vehicles located on site with corresponding refueling stations
- Stormwater Management: Impervious area of site reduced by 28% by adding planters, landscaping plants, porous pavement, vegetable mulch area and garden, infiltration stone (colleges groundwater with recycling 100% TSS and 100% TP)
- Reduced Heat Islands: Fast growing native trees provide shading of impervious surfaces; light colored paving

Water Efficiency

- Water Efficient Landscaping: Native planting is adaptive to local conditions; no irrigation required after one year
- Water Use Reduction: 33% reduction

Energy and Atmosphere

- Optimize Energy Performance: Exceeds ASHRAE 90.1-1999 by 21.4% using a BMS system for common areas only, wide color temperature range fluorescent lighting, operable windows with HVAC controls, daylighting and additional roof insulation

Materials and Resources

- Building Reuse: Over 75% of exterior structure and shell and interior non-shell elements of original building retained; deconstructed materials reused in rehabilitation of building; reused all framing
- Construction Waste Management: 88% of constructed materials recycled/landfilled
- Resource Reuse: Salvaged materials comprised 40% of total; included stone, brick, lumber, paneling, moldings, heavy hardware and doors
- Recycled Content: Over 50% of materials, as calculated by USGBC's regulated cost value, contain recycled content. Includes concrete and masonry (with 100% recycled content), insulation, resilient flooring, carpeting and interior paint (100% recycled latex)
- Local/Regional Materials: 34% of materials were sourced from locally, including salvaged materials, lumber, concrete, structural steel and doors
- Certified Sustainably Harvested Wood: 88% of new wood was from forests certified by the Forest Stewardship Council, including wood for lumber, plywood, decking and millwork

Indoor Environmental Quality

- Construction IQS Management Plan: HVAC system installed during construction and flushed out after construction, before occupancy
- Indoor Chemical & Pollutant Source Control: Natural fiber seats provided at all entrances; janitor closets independently ventilated and sealed with ducts to deck walls
- Daylight & Views: Daylighting matches were over 75% of occupied spaces; more than 80% of spaces have access to outside views

Figura-16: Ficha descriptiva de un proyecto con certificado LEED oro obtenido en el año 2001.

5. Embodied Energy: La gran olvidada

Se entiende por *'embodied energy'*¹⁷ de una vivienda la energía empleada para producir, transportar, instalar y retirar al final de su vida útil todos los materiales y equipos empleados en la vivienda. Así, por ejemplo, para construir una pared con ladrillo cerámico y juntas de mortero de cemento ha sido necesario invertir energía en extraer las materias primas de la naturaleza, procesarlas (cocción ladrillos, elaboración cemento, ...), transportarlas hasta la obra, disponerlas en forma de cerramientos, y cuando la vivienda llegue al final de su vida útil se requerirá un gasto energético adicional para demoler la vivienda y reintroducir los materiales en sus ciclos naturales. Al igual que con los ladrillos y el cemento, los materiales empleados para la carpintería, los vidrios, el aislamiento, el yeso, la cal, el hierro de vigas y armaduras, los distintos equipos para operar la vivienda, ... todos ellos han significado un consumo de energía para estar disponibles en la vivienda y permitir que esta se pueda construir y operar, y por tanto deben incorporarse a la *'contabilidad energética'* de la vivienda.

Por tanto, para valorar correctamente el consumo energético de una vivienda es necesario adoptar una perspectiva más amplia que la que focaliza exclusivamente en el consumo de energía necesario para operar la vivienda, pasando a considerar el impacto energético de la vivienda en todo su *ciclo de vida*. En estas condiciones, el consumo energético imputable a una vivienda pasa a tener dos términos bien diferenciados: La energía consumida para operar la vivienda y la *'embodied energy'*.

Energía Total = Embodied Energy + Energía Operación

La Embodied Energy de una vivienda queda fuertemente condicionada por las decisiones adoptadas en la etapa de diseño sobre los materiales y equipos a emplear en la misma. El uso de materiales de bajo contenido energético (por ejemplo madera en lugar de aluminio para la carpintería) conduce a una vivienda con un valor considerablemente inferior de embodied energy, por lo que incluso permitiendo un mayor consumo energético en la operación de la vivienda, nos puede conducir en el análisis de ciclo de vida a una vivienda más eficiente.

Como hemos visto anteriormente, la mayoría de regulaciones y certificaciones energéticas de viviendas (entre las que se encuentran las propuestas para España) focalizan su análisis exclusivamente en la energía de operación, dejando completamente de lado la embodied energy. Esta forma de proceder no es adecuada por poder encubrir situaciones de baja eficiencia energética a nivel de ciclo de vida debajo de una buena certificación energética.

¹⁷ Mantenemos la nomenclatura anglosajona para designar este término por ser el más empleado y por evitar las confusiones a las que puede conducir una traducción como *'energía almacenada'*.

De hecho, es precisamente a medida que aumenta la eficiencia energética de una vivienda a nivel de energía de operación cuando más importante se hace la embodied energy a nivel de ciclo de vida. Por tanto, a medida que aumentan las exigencias en cuanto a energía de operación de la vivienda, el error cometido en la evaluación del consumo energético total de la vivienda al no incluir la embodied energy en el análisis se hace cada vez más importante.

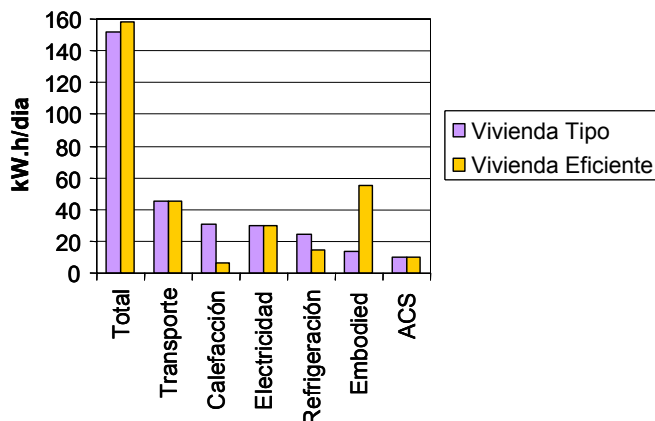
El hecho de que una regulación energética no incorpore la embodied energy además de la energía de operación puede conducir a sin sentidos como el de no autorizar la construcción de una vivienda con mayor consumo energético de operación que el umbral regulado pero con un contenido en embodied energy merced a los materiales con los que se ha fabricado muy inferior al del resto de viviendas convencionales, de tal forma que en su ciclo de vida el consumo energético total sea inferior en esta vivienda que en las demás. Si el objeto de una regulación energética es limitar el consumo energético de las viviendas no parece muy adecuado que su aplicación conduzca a eliminar opciones con un menor consumo energético total simplemente por haberse dejado un término fuera de la contabilidad energética regulada.

En el caso de la certificación energética, el dejarse fuera la embodied energy es todavía peor que en el caso de las regulaciones energéticas. En efecto, la certificación energética trata de distinguir y premiar a los diseños con un consumo energético significativamente inferior a los niveles regulados. Por tanto, al tratarse de viviendas de bajo consumo energético de operación, el error cometido al dejarse fuera de la contabilidad la embodied energy es todavía más elevado que en el caso de las regulaciones energéticas. De hecho, es fácil que al buscar viviendas de bajo consumo energético de operación (incluso de consumo nulo como son los esquemas de certificación Plus Energie Haus de Alemania y Zero Energy House de EEUU) se recurra a materiales (aluminio, equipos mecánicos, ...) con un elevado embodied energy (que puede llegar a ser del orden del triple del de una vivienda convencional). En estas condiciones parece evidente que carece de sentido un proceso de certificación que pueda estar concediendo un certificado muy superior a una vivienda (bajo consumo de operación) que en el análisis de ciclo de vida significa un consumo energético superior al de otras viviendas con menor certificación o incluso que carecen de certificado. De ser así, el proceso de certificación energética pasaría a ser un instrumento negativo para la consecución de los objetivos finales a los que debería aspirar.

A modo de ejemplo, en la Figura-17 mostramos la evaluación de consumos energéticos imputables a distintos conceptos en dos viviendas: Una vivienda de tipología tipo en nuestro país pero incorporando colectores solares térmicos para ACS, y una vivienda de elevada eficiencia energética que consiga un ahorro en temporada de calefacción del 80 % y en temporada de refrigeración del 40 % respecto a la vivienda tipo¹⁸. Ambas viviendas disponen de una

¹⁸ Los consumos de energía primaria para la vivienda tipo que hemos considerado son de 75 kW.h/m²-año para calefacción y 60 kW.h/m²-año para refrigeración. Debemos resaltar que estos consumos energéticos son inferiores a los del parque de viviendas actual (NBE CT79) y serían más bien representativos de viviendas nuevas bien aisladas en la zona centro.

superficie útil de 150 m² y cuentan con 5 habitantes. Los resultados están expresados en términos de kW.h/día de *media anual* de energía primaria para cada uno de los conceptos energéticos, por lo que pueden compararse directamente. En análisis está hecho para una vida útil de la vivienda de 30 años.



A = 150 m²
5 personas
Periodo análisis = 30 años
Vivienda 'Eficiente':
- Ahorro calefacción = 80 %
- Ahorro refrigeración = 40 %

Figura-17: Comparación de consumos energéticos (energía primaria) para distintos conceptos energéticos en una vivienda convencional y una vivienda eficiente con ahorros del 80 % en calefacción y del 40 % en refrigeración respecto a la vivienda convencional. Periodo de análisis de 30 años.

Como podemos ver, a pesar de los importantes ahorros en calefacción y refrigeración, la vivienda 'eficiente' representa un mayor consumo total en el ciclo de vida que la vivienda tipo, ocasionado fundamentalmente por el mayor valor de embodied energy incurrido en los materiales y equipos necesarios para implementar las estrategias de ahorro en energía de operación elegidas. De hecho, como podemos observar, en la vivienda 'eficiente', la embodied energy es el consumo energético más importante, mientras que en la vivienda tipo es el penúltimo consumo energético delante de la ACS. De esta figura podemos extraer otras conclusiones interesantes:

- El bajo peso relativo del consumo de ACS frente a los otros conceptos energéticos en la vivienda. Tanto el nuevo CTE como las ordenanzas solares que están floreciendo en nuestro país buscan cubrir parte de la demanda de ACS (0 – 70 % en CTE según zona climática) mediante energía solar térmica u otras renovables. Desde el punto de vista del consumo total de energía del edificio, el impacto de esta medida es

relativamente pequeño. La energía solar térmica y la biomasa pueden proporcionar contribuciones importantes (hasta el 100 %) a la cobertura de las demandas de calefacción y refrigeración además de las de ACS, siendo deseable que los procesos de regulación y especialmente los de certificación energética en los edificios extendieran el uso de las renovables a estos conceptos energéticos para obtener un aporte más significativo al consumo total del edificio.

- Es de destacar el peso relativo tan elevado que puede ocasionar el transporte sobre el consumo energético total de la vivienda. En el caso de la vivienda tipo, el transporte supone en este caso el concepto energético de mayor consumo, y en el caso de la vivienda 'eficiente' el segundo detrás de la embodied energy. Medidas destinadas a favorecer la posibilidad de desarrollar la actividad profesional desde la propia vivienda o cercano a ella adquieren un peso importante en el consumo total de energía. Los aspectos asociados al consumo energético de transporte, al igual que la embodied energy también quedan fuera de la mayoría de procesos de certificación energética.
- En el caso de la vivienda 'eficiente' la importancia relativa de los consumos energéticos para calefacción y refrigeración se invierten al ser más sencillo conseguir ahorros importantes en calefacción que en refrigeración (especialmente al incrementar niveles de aislamiento e incorporar mayores ganancias solares para cubrir la carga de calefacción).
- También destaca la importancia del consumo de energía eléctrica al expresarlo en términos de energía primaria. En el caso de la vivienda 'eficiente' este pasa a ser el tercer consumo energético en importancia detrás de la embodied energy y del transporte.

El periodo de análisis energético juega un papel importante sobre los resultados finales, de tal forma que al aumentar el periodo de análisis, la importancia relativa de la embodied energy respecto a la energía de operación se va reduciendo. Es habitual encontrar los análisis energéticos de viviendas extendidos a periodos de hasta 100 años, si bien, parece adecuado referir los resultados a un periodo de vida útil menor. Pero incluso con periodos de vida tan prolongados como 100 años, si las medidas de ahorro energético introducidas no consiguen grandes reducciones en el consumo de energía, puede no resultar energéticamente rentable su incorporación.

En la Figura-18 mostramos la evolución de los consumos energéticos de dos viviendas de 150 m² (una convencional¹⁹ y otra 'eficiente' que supone un 30 % de ahorro en calefacción y 0 % en refrigeración respecto a la convencional) a lo largo de 100 años. La energía de operación para climatizar la vivienda (ECL) crece rápidamente con el paso del tiempo, de tal forma que aproximadamente a los 10 años para la vivienda convencional y a los 45 años para la vivienda eficiente ya iguala la embodied energy, que experimenta un ligero crecimiento a

¹⁹ En este caso y los siguientes los consumos de referencia para la vivienda convencional han sido de 70 kW.h/m²-año para calefacción y 50 kW.h/m²-año para refrigeración.

lo largo del tiempo debido a el mantenimiento y renovaciones de la vivienda. Sin embargo, a los 100 años, la energía total de la vivienda convencional sigue siendo inferior a la de la vivienda 'eficiente', por no haber podido compensar los ahorros en calefacción acumulados a lo largo de todos estos años al incremento en embodied energy asociado a introducir estas medidas de ahorro. En la figura se muestra por un lado el total de consumo energético para climatizar y embodied energy (ETV) y por otro lado el consumo energético de los servicios ES (ACS y electricidad), que iguala a la embodied energy a los 18 años para la vivienda convencional y a los 55 años para la vivienda 'eficiente'.

Vivienda más cara, con pretensiones de eficiencia, y con mayor consumo final

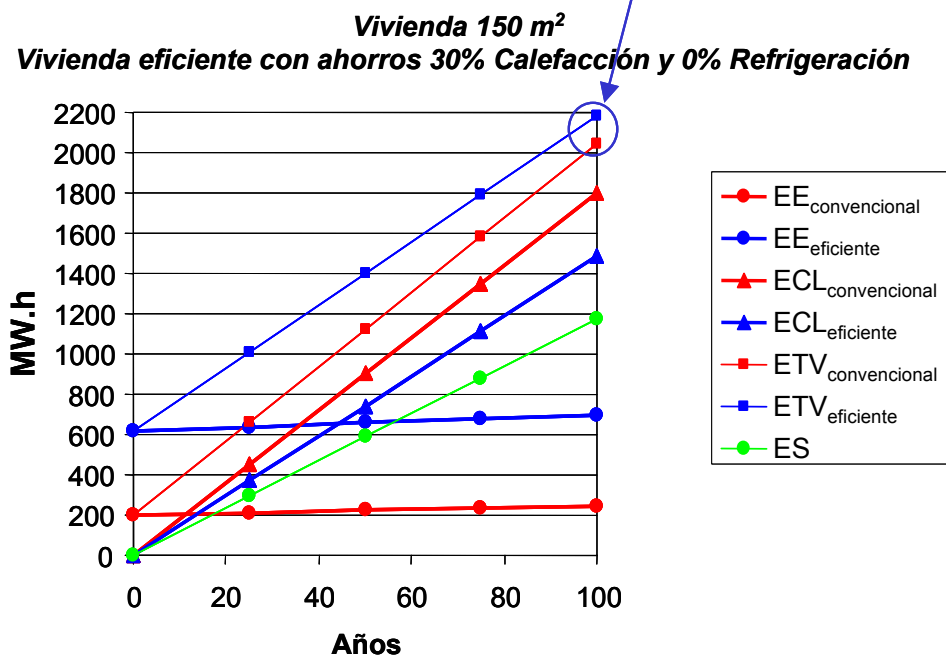


Figura-18: Evolución del consumo energético de una vivienda convencional y una 'eficiente' a lo largo de una vida útil de 100 años. La vivienda 'eficiente' supone un ahorro en calefacción del 30 % respecto a la vivienda convencional. ECL: Energía para climatización (calefacción y refrigeración); ETV: Total energía vivienda sin servicios (embodied energy y climatización); ES: Energía para servicios (ACS y electricidad).

Al aumentar los niveles de ahorro conseguidos en la vivienda 'eficiente', la importancia relativa del embodied energy va creciendo. En la Figura-19 mostramos la evolución de la embodied energy, la energía para calefacción, y la energía de servicios (ACS y electricidad) en una vivienda convencional y una 'eficiente' que suponga un ahorro del 80 % en la temporada de calefacción. Como podemos ver, en la vivienda convencional, el consumo energético para calefacción iguala a la embodied energy a los 20 años, mientras que en la vivienda 'eficiente' el consumo de energía para calefacción acumulado a lo largo de los 100 años de análisis no llega a ser del orden del 30 % de la embodied energy. En este caso, la energía para servicios (ACS y electricidad)

expresada en energía primaria es más importante que la demanda energética de calefacción para ambas viviendas.

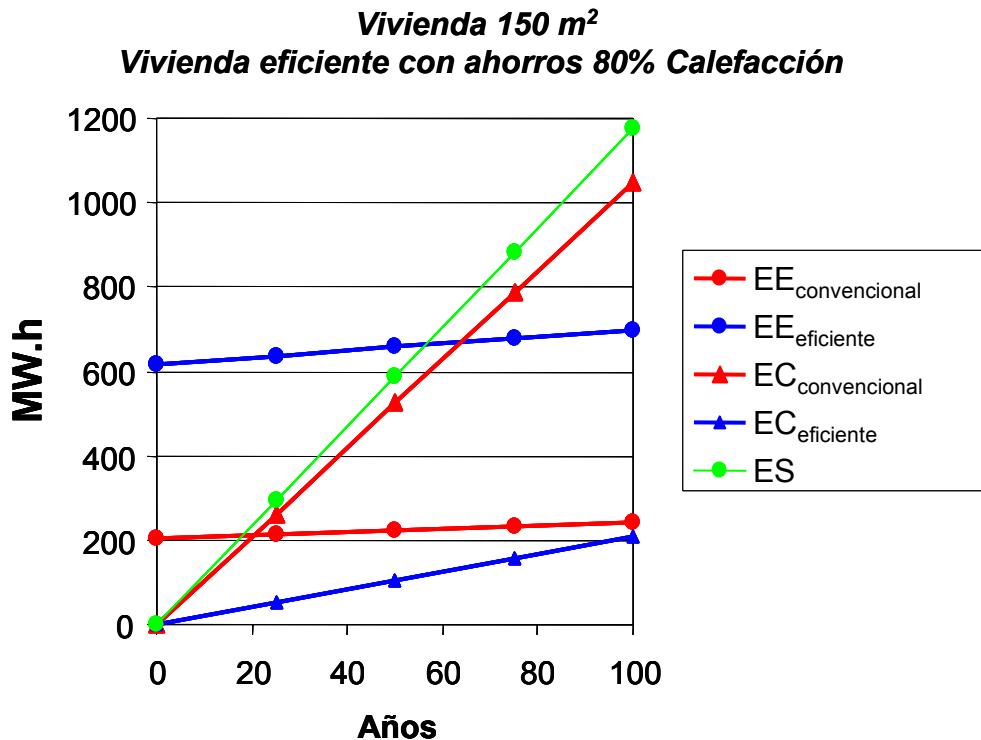
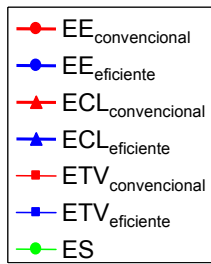


Figura-19: Evolución del consumo energético de una vivienda convencional y una 'eficiente' a lo largo de una vida útil de 100 años. La vivienda 'eficiente' supone un ahorro en calefacción del 80 % respecto a la vivienda convencional. EC: Energía para calefacción; EE: Embodied energy; ES: Energía para servicios (ACS y electricidad).

Por último, en la Figura-20 mostramos la evolución del consumo energético de dos viviendas, una convencional y otra 'eficiente' a lo largo de 100 años de vida útil, en los casos de dos superficies útiles: 150 m² y 300 m². En este caso, la vivienda eficiente supone un ahorro del 80 % en calefacción y del 60 % en refrigeración respecto a la vivienda convencional. Como vemos, en este caso, para una vida útil de la vivienda superior a unos 35 años la vivienda 'eficiente' presenta un consumo energético total inferior al de la vivienda convencional, llegando a ser a los 100 años del orden de un 60 % del consumo energético total de la vivienda 'convencional'. Sin embargo, por debajo de los 35 años, el consumo energético total de la vivienda convencional sigue siendo inferior al de la 'eficiente'. También podemos observar en esta figura cómo se reduce la importancia relativa del consumo energético para servicios (ACS y electricidad) al aumentar el área útil de la vivienda (manteniendo el número de habitantes en 5). En efecto, para la vivienda de 150 m² la energía de servicios iguala a la embodied energy de la vivienda convencional entorno a los 20 años, y a la de la vivienda 'eficiente' entorno a los 60 años, mientras que en la vivienda de 300 m² de superficie útil la energía de servicios necesita unos 40 años en igualar a la embodied energy de la vivienda convencional, y en los 100 años de análisis no llega a alcanzar la embodied energy de la vivienda 'eficiente'.

Vivienda eficiente con ahorros 80% C y 60% R



ECL: Energía operación para calentar y calefactar

EE: Energía almacenada en edificio

ETV: Total vivienda sin servicios

ES: Servicios vivienda (ACS+luz)

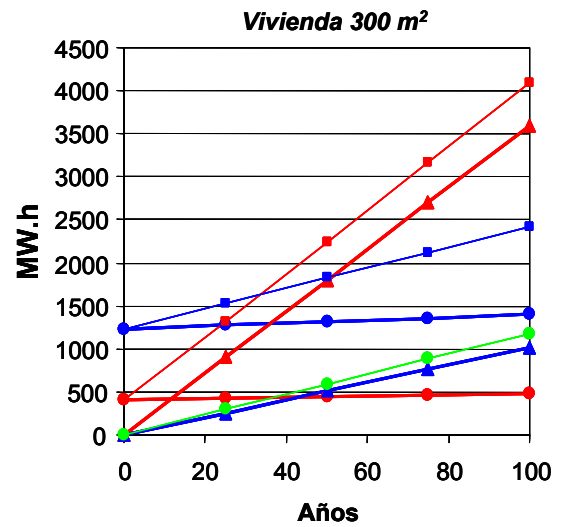
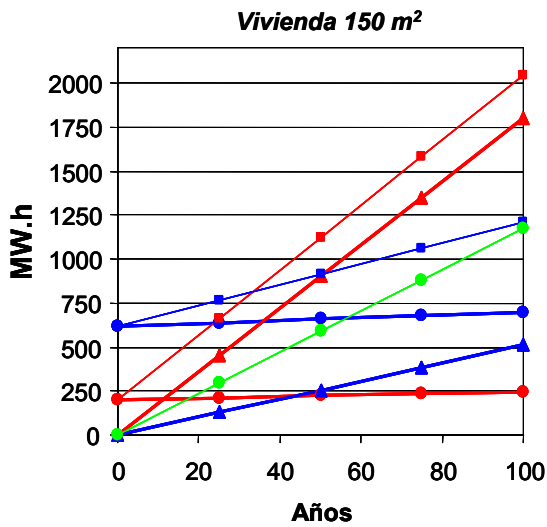


Figura-20: Evolución del consumo energético de una vivienda convencional y una 'eficiente' a lo largo de una vida útil de 100 años, para los casos de 150 m² y 300 m² de superficie útil. La vivienda 'eficiente' supone un ahorro en calefacción del 80 % y en refrigeración del 60 % respecto a la vivienda convencional.

6. Métodos de cálculo de las actuaciones energéticas de una vivienda

Para poder seguir profundizando en los métodos de regulación y valoración energética de edificios es preciso realizar una breve incursión en las metodologías disponibles para calcular las actuaciones energéticas de un edificio en cuanto a energía de operación se refiere.

Conviene tener claro desde un principio el hecho de que un edificio es un sistema energético especialmente complejo por varios motivos:

- Cada vivienda es un sistema distinto sometido a condiciones de contorno distintas
- Gran diversidad materiales y configuraciones
- Gran diversidad de tecnologías y conceptos
- Continua incorporación de nuevos conceptos
- Interacción dinámica entre la vivienda y sus sistemas
- Sistema intrínsecamente transitorio

De hecho, la correcta caracterización energética de un edificio y sus sistemas constituye un problema técnico de complejidad considerablemente superior a muchos otros sistemas en ingeniería, donde la operación de los equipos es en régimen fundamentalmente estacionario y mucho más controlado por el proyectista / diseñador.

A su vez, dentro del sector de la edificación, las evaluaciones energéticas, a igualdad de grado de precisión de los resultados obtenidos, son considerablemente más complejas que cualquier otra evaluación técnica a la que deba procederse, como por ejemplo la estructural.

Por todo ello, es evidente algo que todavía no tiene claro la inmensa mayoría del sector de la edificación en nuestro país, desde la administración hasta los arquitectos y promotores: La incorporación de consideraciones energéticas serias en el diseño y evaluación del comportamiento de un edificio requiere ser considerada desde un principio a nivel tanto presupuestario, como de dedicación, como de plazos de tiempo e interacciones entre distintos profesionales necesarios. Puesto que un buen diseño y una buena valoración del comportamiento energético de un edificio requiere la incorporación e integración de estas consideraciones desde las primeras etapas de concepción, es fundamental el estructurar los procesos necesarios para conseguir que en nuestro país los aspectos energéticos sean interiorizados por el sector de la construcción. En este sentido, los procesos de regulación y certificación energética tienen la responsabilidad adicional de contribuir a establecer el análisis energético como una etapa integrada dentro del proceso de concepción y análisis de un edificio.

En el caso de España, ni la regulación ni la certificación energética propuestas asumen esta responsabilidad, suponiendo más bien una contribución en la

línea de dificultar que las herramientas y procesos de análisis energético detallado puedan integrarse de forma efectiva en el sector de la edificación.

Respecto a la regulación energética propuesta en España (CTE), su opción prescriptiva (simplificada), a la que intentarán acogerse la mayoría de edificios, es una continuación del procedimiento marcado por la legislación actualmente vigente (NBE CT79), que no sólo no potencia la introducción de herramientas de análisis y valoración energética en el proceso de desarrollo de un nuevo edificio, sino que representa un obstáculo prácticamente insalvable para alcanzar este objetivo. Respecto a la opción prestacional, al estar basada en un código de cálculo (LIDER) y procedimiento limitados tanto en sus prestaciones (opciones de analizar distintas configuraciones) como en los resultados proporcionados y métodos de evaluación empleados (referencia variable), tampoco potencia la incorporación de las herramientas disponibles para cuantificar el comportamiento energético de las distintas opciones de diseño del edificio, sino que más bien impide su incorporación al obstaculizarla con su código de cálculo²⁰.

Respecto a la certificación energética propuesta (CALENER), tanto las limitaciones impuestas sobre la herramienta de cálculo, como la falta de credibilidad del proceso de certificación al estar basado en una referencia variable y no proporcionar información cuantitativa alguna sobre el consumo energético del edificio, junto al hecho de no permitir el uso de otras herramientas de cálculo más sofisticadas, hacen prever una contribución nula en la incorporación e internalización de las consideraciones energéticas en el sector de la edificación.

²⁰ En principio, el CTE prevé la posibilidad de emplear métodos alternativos de cálculo al programa LIDER, pero en la práctica no queda nada claro cómo de tortuoso será el camino para poder incorporar otras herramientas de cálculo más sofisticadas en el proceso. Es más, en el momento actual esta opción queda implícitamente vedada al no permitir el acceso público a las condiciones meteorológicas 'oficiales'.

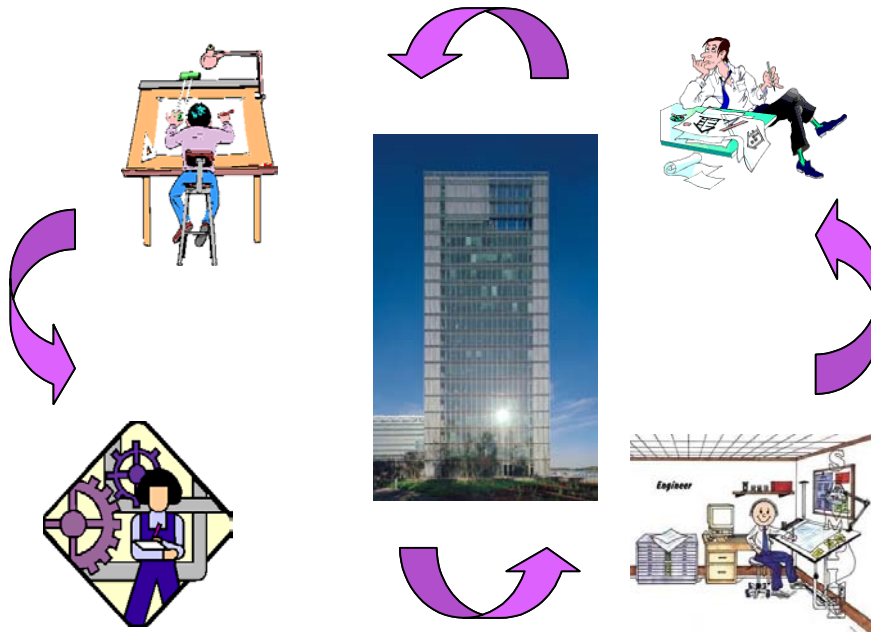


Figura-21: La valoración energética introduce requerimientos de multidisciplinariedad a los que no está acostumbrado el sector de construcción en nuestro país. Los procesos de regulación y certificación energética deberían potenciar esta situación en lugar de obstaculizarla si se pretende alcanzar el objetivo de acercar el sector hacia la sostenibilidad.

En la actualidad existen muchas herramientas / métodos de cálculo para llevar a cabo una valoración energética de los edificios. Podríamos clasificar estas herramientas entre los siguientes tipos:

- **Focalización en pérdidas:** Fundamentalmente son métodos de cálculo destinados a evaluar un indicador representativo de las pérdidas energéticas por transmisión a través de los cerramientos de la vivienda en régimen estacionario. Por tanto, estas herramientas no proporcionan información alguna sobre las contribuciones solares pasivas u otras estrategias bioclimáticas, temperaturas internas, niveles de confort, acoplamiento con los sistemas de climatización, ... Y de hecho, en la mayoría de los casos tampoco proporcionan una cuantificación del consumo energético del edificio. Una forma habitual de materializar estos procedimientos de valoración energética es mediante la evaluación de un coeficiente global de transferencia entre el interior del edificio y el entorno. Las regulaciones energéticas asociadas a este método imponen limitaciones sobre este coeficiente global de transferencia, sin existir una relación directa y única entre dicho coeficiente y el consumo energético de la vivienda. La normativa española actual (NBE CT79) usa este método, imponiendo limitaciones sobre un coeficiente global de transferencia (K_G) que pretende representar el proceso global de transferencia desde el edificio a su entorno en régimen de calefacción. La opción prescriptiva (simplificada) de la próxima legislación española (CTE) está fundamentalmente basada en este método, imponiendo limitaciones sobre los coeficientes

globales de transferencia en régimen estacionario (U) de los distintos elementos constitutivos del edificio desde el interior del mismo al exterior²¹. Esta metodología, aún siendo muy limitada en su capacidad de valoración energética del edificio en general, es mucho menos indicada para valorar las cargas de refrigeración que las de calefacción, por la mayor importancia que en general tienen los aportes solares y efectos transitorios en el caso de la refrigeración que de la calefacción.

- Estacionario: Los métodos de cálculo estacionarios valoran energéticamente la vivienda planteando balances energéticos en régimen estacionario al conjunto del edificio, en base mensual o estacional, e incorporando en los mismos una valoración de las pérdidas / ganancias por transmisión, así como las ganancias solares e internas. Respecto a la opción anterior suponen una mejora por añadir una valoración de las ganancias solares e internas, y por proporcionar la valoración energética del edificio en términos de consumo de energía final. Pero en ellos siguen quedando ocultos todos los procesos transitorios a los que está sometido un edificio, lo cual trae como consecuencia la imposibilidad de:
 - Obtener una valoración precisa de la demanda de energía
 - Analizar el acoplamiento de los equipos de climatización con el edificio, y por tanto valorar correctamente el consumo de energía primaria.
 - Proporcionar información detallada sobre las temperaturas interiores y niveles de confort.
 - Limitación de los tipos de sistemas cuyas actuaciones se pueden valorar por este método.
- Cuasiestacionario. Son fundamentalmente métodos de cálculo basados en la aplicación de balances energéticos en régimen estacionario a un gran número de periodos de tiempo (por ejemplo una vez por hora a lo largo del año). Respecto al caso anterior permiten acercarse un poco más a la respuesta dinámica del edificio proporcionando estimaciones de la evolución de las temperaturas interiores, y permitiendo incrementar la precisión con la que se evalúa el acoplamiento entre el sistema de climatización y el edificio, así como incorporar una mayor cantidad de sistemas que pueden ser valorados. Sin embargo, sigue sin incorporar realmente los efectos dinámicos a los que está sometido el edificio, estando por tanto muy limitado para evaluar por ejemplo el comportamiento de sistemas solares pasivos, la demanda energética de refrigeración, y las actuaciones de diversos sistemas de climatización y su acoplamiento con el edificio.
- Correlaciones (ajustes) de simulaciones precisas. Estos métodos constituyen un intento de acercarse a la rapidez y sencillez de cálculo de todos los procedimientos anteriormente comentados incorporando consideraciones dinámicas de la respuesta de los edificios y de sus sistemas de climatización. Para ello se procede realizar una serie de

²¹ Adicionalmente, la opción prescriptiva del CTE impone limitaciones a las ganancias solares en régimen de verano.

simulaciones paramétricas de una serie de edificios tipo con sus sistemas de climatización y sometidos a unas condiciones de contorno determinadas con un método de cálculo dinámico y preciso, para posteriormente ajustar analíticamente los resultados de las simulaciones en función de los parámetros variados durante las simulaciones. Estas correlaciones así obtenidas constituyen la base del método de cálculo y se aplican a nuevos edificios para proceder a su valoración energética mediante interpolación / extrapolación de los resultados obtenidos en las simulaciones detalladas. Las limitaciones de estos métodos residen por un lado en su imposibilidad para valorar el efecto de cualquier parámetro, sistema o configuración de edificio que no fuera incorporado en los cálculos paramétricos que originaron las correlaciones, y por otro lado en los errores asociados a los procesos de interpolación y sobre todo extrapolación de los resultados de las simulaciones originales para valorar un nuevo edificio.

- Dinámico. Los métodos dinámicos son los que retienen en su proceso de valoración energética los procesos transitorios de la respuesta del edificio sometido a sus condiciones de contorno dependientes del tiempo. Constituyen los métodos que deberían formar la base de cualquier proceso de valoración energética de edificios que busque caracterizar de forma adecuada tanto sus consumos energéticos como las condiciones de confort interiores. Sin embargo, su complejidad de uso y requerimiento de tiempo de cálculo son considerablemente superiores a todos los métodos anteriores. Existen sin embargo gran multitud de métodos de cálculo dinámicos que se diferencian por los siguientes aspectos:
 - Calidad modelos. La calidad y cantidad de modelos incorporados en el método de cálculo condicionan las posibilidades reales del mismo para valorar energéticamente una configuración de edificio y sistema de climatización dados. Cualquier método de cálculo dinámico no es apto para valorar energéticamente una configuración dada, y es necesario tener un conocimiento preciso de sus capacidades de cálculo y limitaciones para juzgar la calidad de los resultados obtenidos de la valoración energética de un cierto edificio.
 - Cerrado / Abierto. Esto hace referencia a la capacidad o incapacidad de acceder al núcleo del método de cálculo para incorporar modelos de nuevos sistemas o situaciones no contempladas en el código de cálculo original, o para verificar el alcance de su capacidad de modelado. Las configuraciones de los edificios, las estrategias de diseño energético disponibles y los tipos de sistemas de climatización aplicables presentan una gran variedad y van evolucionando con el tiempo. Los códigos de cálculo cerrados o bien son incapaces de valorar energéticamente ciertas configuraciones no incorporadas en su diseño original, o bien dependen para ello de que los propietarios del método lleven a cabo un mantenimiento y actualización de los mismos, con todas las limitaciones en cuanto a plazos de tiempo (no estará disponible para un edificio dado) y capacidad de

modelado que ello implica. Además, los códigos de cálculo cerrados sólo pueden tener validación a partir de los resultados que proporcionan, siendo imposible de conocer el alcance de las hipótesis realizadas para su modelado y por tanto las limitaciones de su aplicación a un caso determinado que se salga fuera del 'estándar'. Un código de cálculo abierto permite mucha más rapidez de adaptación a las necesidades de valoración reales, un control completo sobre sus capacidades de modelado, y la opción de incorporar los conocimientos y capacidad de modelado de toda la comunidad científica.

- Estancados / Evolutivos. Los métodos de cálculo estancados son aquellos que fueron desarrollados en el pasado pero que ya no reciben ningún tipo de mantenimiento, por lo que son incapaces de incorporar distintas capacidades de modelado y adaptarse a la evolución del sector de la edificación. Además, a menudo, estos códigos de cálculo han recibido gran cantidad de modificaciones no estructuradas en el pasado, por lo que incluso si el código de cálculo estuviera disponible (que no es el caso en muchas situaciones), resulta muy complicado el poder acometer su modificación o verificación / corrección de posibles errores. Los métodos de cálculo evolutivos están actualizados y mantenidos, de tal forma que es posible contar con su adaptación más o menos rápida a las necesidades de modelado, y con la eliminación de los errores que pudieran contener.
- Integración carga / sistemas. Esto hace referencia a la capacidad del método de cálculo de integrar la evaluación de la demanda de energía del edificio con las actuaciones del sistema de climatización del mismo. Existen desde métodos de cálculo dinámico enfocados exclusivamente a la valoración de la demanda de energía final del edificio, y que por tanto no tienen en cuenta la interacción del edificio con su sistema de climatización (como el programa LIDER del CTE), hasta métodos de cálculo dinámico que tienen en cuenta la interacción dinámica entre el sistema de climatización y el edificio, pasando por métodos de cálculo que hacen un cálculo secuencial no acoplado del edificio y su sistema de climatización (como el programa CALENER de la certificación energética propuesta en nuestro país).
- Térmico / Flujo aire. Existen fundamentalmente dos tipos de procesos que afectan a las actuaciones energética de un edificio: Los asociados a los distintos mecanismos de transferencia de energía térmica, y los asociados al movimiento del aire por el interior del edificio. La mayoría de los códigos de cálculo dinámico se centran exclusivamente en el modelado de los procesos de transferencia / acumulación de energía térmica, sin modelar con detalle el movimiento del aire por el interior del edificio. Puesto que el movimiento del aire por el edificio representa un mecanismo muy eficaz de transferencia de energía de unas zonas a otras, estos métodos basados exclusivamente

en el modelado de los procesos térmicos parten como dato de un estado de movimiento del aire (infiltraciones y ventilaciones) para valorar sus efectos térmicos. Sin embargo, en la realidad el estado térmico de las distintas partes del edificio y los flujos de aire entre zonas interiores y de intercambio con el exterior están muy acoplados. Por tanto, solamente en aquellos casos en que se ejerza un riguroso control sobre la mayoría del transporte energético asociado al movimiento del aire (ventilación forzada con infiltraciones muy reducidas y transporte de aire interzonal despreciable o sin repercusiones energéticas-nivel temperaturas homogéneo) será posible realizar una valoración energética precisas del edificio con métodos de cálculo que sólo modelan los aspectos térmicos. Por contra existen métodos de cálculo que además de los procesos de transferencia y acumulación térmica, modelan el movimiento del aire por el interior del edificio, por lo que son capaces de retener el acoplamiento dinámico del mismo con el estado térmico del edificio. Estos códigos de cálculo son los únicos capaces de realizar una valoración energética precisa de procesos de ventilación natural, refrigeración pasiva, o zonificación térmica acusada en el interior del edificio. A su vez, entre los métodos que incorporan el modelado del flujo de aire por el edificio, existen dos niveles:

- Modelado unidimensional del movimiento del aire. Son suficientes para describir el transporte energético asociado al movimiento del aire, pero no permiten una evaluación precisa de los efectos sobre el confort térmico de dicho movimiento del aire. Sin embargo, desde el punto de vista de la valoración energética suponen un modelado de precisión y requerimientos de cálculo comparables a los de las formulaciones habituales del problema térmico (temperatura homogénea en cada zona), por lo que constituyen la solución adecuada.
- Modelado basado en mecánica de fluidos computacional. Obtienen el campo de velocidades interior del movimiento del aire con todo detalle, por lo que además de sus efectos sobre la transferencia energética, es posible valorar la distribución de contaminantes y el efecto del movimiento del aire sobre el nivel de confort interior. Sin embargo, requieren un tiempo de cálculo muy superior y hoy por hoy no constituyen una herramienta adecuada para la valoración energética del edificio.
- Balance energético / factores de ponderación. Esto hace referencia a la formulación empleada para el modelado del problema térmico en el edificio. Los códigos de cálculo basados en el balance energético se basan en la aplicación del primer principio de la termodinámica (principio de conservación de la energía) a distintos subsistemas del edificio y en cada instante de tiempo simulado. Por tanto introducen la física correcta de los procesos de transferencia térmica y ello les permite la elasticidad

necesaria para incorporar distintos procesos de relevancia energética y para valorar con precisión el estado térmico real del edificio. Por contra, el tiempo de cálculo que requieren es relativamente elevado al tener que resolver un sistema de ecuaciones de dimensiones importantes en cada periodo de tiempo. Por otro lado, las formulaciones basadas en los factores de ponderación o funciones de transferencia se apoyan en las hipótesis de linealidad e invarianza temporal del sistema de ecuaciones (dos aspectos que no se cumplen realmente en un edificio) para obtener la respuesta térmica del edificio en cada instante de tiempo basándose en unos pocos cálculos de balances energéticos realizados al principio del periodo de simulación (superposición y convolución). Esta formulación presenta la ventaja de una mayor rapidez de cálculo (relevante en el pasado pero no en la actualidad dada la capacidad de cálculo de los ordenadores actuales), pero limita la precisión de las valoraciones energéticas realizadas y las posibilidades de incorporar en el modelado distintos elementos que se encuentran en la edificación. Tanto el código de cálculo para la propuesta de regulación energética en España (LIDER) como el de la propuesta de certificación (CALENER) están basados en la formulación de los factores de ponderación.

Respecto a la necesidad de mantener una formulación dinámica en el modelado de la respuesta térmica de un edificio y sus sistemas de climatización, no es un aspecto que quede a la arbitrariedad de la elección de un método de cálculo u otro. Existen motivos fundamentales para decidir si es necesario o no retener los efectos transitorios en el modelado del edificio, que se obtienen al comparar el orden de magnitud de los distintos procesos físicos que intervienen en la respuesta y estado térmico del edificio. Desde este punto de vista, hay dos parámetros adimensionales que nos permiten cuantificar la importancia de retener los términos transitorios en el análisis:

- En número de Strouhal (St), como cociente entre el tiempo de residencia de una partícula de aire en el dominio de estudio y el de variación de las condiciones de contorno a que está sometida nos proporciona una cuantificación de la necesidad de mantener los efectos transitorios en el análisis de los procesos asociados al movimiento del aire. Puesto que en un edificio tenemos $St \leq 10^{-3}$ los procesos de transferencia asociados al movimiento del aire se pueden analizar en régimen cuasiestacionario.
- El número de Fourier (Fo), como cociente entre el tiempo característico de variación de las condiciones de contorno y el de transporte de la información térmica dentro de los elementos sólidos (paredes, forjados, ...), nos proporciona una cuantificación de la necesidad de mantener los efectos transitorios en la modelización de la respuesta térmica de estos elementos. Puesto que en un edificio tenemos $Fo \leq 10^{-3}$ es necesario retener los procesos transitorios para modelar correctamente los procesos de transferencia en los componentes sólidos del edificio.

Respecto al método de resolución de las ecuaciones basado en los factores de ponderación, por ser bastante empleado en algunas herramientas de cálculo, conviene mencionar explícitamente sus limitaciones respecto a la resolución mediante aplicación de balances energéticos directos:

- Calculados para base de tiempo fija
 - No coincide con Δt simulación: Necesidad interpolación
- No recoge variaciones temporales configuración sistema:
 - Acoplamiento dinámico edificio – Equipos climatización
 - Sistemas climatización radiante baja temperatura
 - Comportamiento activo fachadas
 - Protecciones solares variables
 - Transmisividad variable acristalamientos
 - Doble fachada
 - Variación coeficientes convección / radiación
 - Flujos convectivos naturales
 - Sistemas solares activos para calefacción
- No tratamiento preciso zonificación climática
 - Funcionalidad espacios
 - Sistemas solares pasivos (invernadero, muro trombe, ...)

Desde hace 30 años se ha venido trabajando en códigos de cálculo dinámico de edificios, disponiendo en la actualidad de múltiples opciones disponibles (DOE-2, eQUEST, PowerDOE, VisualDOE, Blast, EnergyPlus, Tas, Apache, ESP-r, TRNSYS15, SMILE, WISE, ISE, SPARK, ...) , algunas de ellas de libre acceso y otras de ellas requiriendo licencia de pago.

Como hemos comentado anteriormente, es necesario tener un conocimiento de las posibilidades de modelado de las distintas herramientas disponibles para juzgar su idoneidad para llevar a cabo la valoración energética de un edificio dado. Resulta conveniente introducir algunos comentarios sobre algunas de estas herramientas por la repercusión que tienen sobre la certificación energética propuesta en España.

El programa DOE-2 es el software dinámico más extendido y usado en los últimos 30 años. Creado por el Departamento de Energía (DOE) de los EEUU a finales de los años 1960's. Veamos algunas de sus características:

- Basado en Factores Ponderación
- No integración de la resolución de zonas térmicas (edificio) y equipos de climatización, procediendo a un cálculo secuencial de los mismos (Loads → Systems → Plant)
- Errores en las temperaturas de los espacios que imposibilitan el diseño eficiente de los sistemas de climatización (HVAC) y la valoración precisa de la interacción de los mismos con el edificio.
- Impide modelado preciso ciertos sistemas
- Instalaciones HVAC rígidas impiden modelado sistema real. Sólo es posible elegir entre unos cuantos sistemas de climatización preestablecidos, por lo que el sistema de climatización real del edificio en cuestión es posible que no pueda ver reflejadas sus peculiaridades en la simulación.

- Ya no mantenido/actualizado por DOE, por lo que es un código de cálculo no evolutivo. La razón para parar interrumpir el mantenimiento del programa ha sido por un lado el elevado coste de mantenimiento de un código no estructurado con una vida tan prolongada como la de este, y por otro lado el deseo de liberarse de las restricciones de modelado e imprecisión que imponía la formulación en la que está basado el DOE-2.
- Desarrollado para ordenadores de hace 30 años
- Métodos numéricos de hace 30 años
- Código rígido difícil de modificar y caro de mantener (código spaguetti)

Por tanto, el DOE-2 debería considerarse el 'pasado' de la simulación dinámica de edificios.

En la actualidad se dispone también de una serie de códigos de cálculo comerciales cuyo motor de cálculo es DOE-2 y que por tanto tienen sus mismas limitaciones o más (a menudo no acceden a todas las posibilidades de cálculo del código para simplificar su uso) pero que incorporan una interface gráfica para facilitar su manejo (eQUEST, PowerDOE, VisualDOE). El programa CALENER de la certificación energética propuesta para España es el DOE-2 con una interface gráfica que facilita su manejo y limita las capacidades de cálculo del DOE-2.

Para completar la visión iniciada con los comentarios sobre el DOE-2, vamos a incluir algunos comentarios sobre el EnergyPlus, el programa de cálculo dinámico de edificios que ahora soporta el gobierno de EEUU como continuación a los programas que ha tenido en uso los últimos 30 años²²:

- Continuación del desarrollo de DOE-2 y BLAST
- Basado en formulación BLAST (código de cálculo basado en balances térmicos en lugar de factores de ponderación) incorporando elementos de DOE-2 de los que carecía BLAST
- Código estructurado y abierto para modificaciones / mejoras
- Mejora modelos radiantes
- Cálculo integrado cargas / sistemas
- Instalaciones HVAC a partir de componentes, por lo que es posible reproducir todas las peculiaridades de la instalación de un edificio en cuestión.
- Código vivo (mantenido y actualizado con frecuencia inferior a 18 meses)
- Estructura abierta para modificaciones propias
- Posibilidad acoplar a otros software para modelado detallado subsistemas: SPARK, TRNSYS
- Modelado flujo aire mediante acoplamiento con el código COMIS

²² Sin embargo, con este comentario no pretendemos indicar que el EnergyPlus sea la única opción de cálculo dinámico de edificios actualmente disponible. Existen en la actualidad otros códigos de cálculo dinámico de edificios con unas prestaciones iguales o superiores a las de EnergyPlus (Tas, Apache, ESP-r, TRNSYS15, SMILE, WISE, ISE, SPARK).

7. Regulación energética de edificios en España

Pasamos a continuación a comentar el estado y perspectivas de la regulación energética en España.

El estado actual de la regulación energética en España es (y ha permanecido invariante desde 1979) la NBE CT79 que establece una serie de limitaciones al coeficiente global de transferencia entre el edificio y el entorno. La perspectiva de la regulación energética en España es el Código Técnico de la Edificación (CTE – HE1) que está pendiente de su aprobación en breve. Puesto que ninguna de estas regulaciones impone limitaciones directas sobre el consumo de la vivienda ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$) en este trabajo hemos procesado los límites legislativos para transformarlos en una valoración del consumo energético permitido por estas normativas, de tal forma que por un lado podamos proceder a una comparación de los valores permitidos con los correspondientes a las regulaciones y certificaciones energéticas en otros países, y por otro lado queden de forma explícita las implicaciones de estas regulaciones energéticas.

Debemos sin embargo tener en cuenta que estas regulaciones imponen sólo limitaciones (aunque indirectas e indefinidas) sobre la demanda de energía para calefacción. En efecto, ambas regulaciones se refieren a la demanda energética y no al consumo de energía primaria²³. La NBE CT79 establece límites sólo sobre los requerimientos energéticos para calefacción, y el CTE – HE1 a pesar de establecer límites sobre la transmisividad solar de los huecos en la temporada de refrigeración, no establece ninguna limitación definida²⁴ sobre el consumo energético para refrigeración. Por tanto, la comparación con otros países centroeuropeos de la demanda energética del edificio sin incorporar en el caso de España la demanda energética de refrigeración resulta engañosa en el sentido de que el consumo energético de nuestros edificios para mantener las condiciones de confort térmico a lo largo de todo el año debe ser significativamente superior a la presentada basándonos en la demanda de calefacción.

Además, las dos regulaciones limitan solamente la demanda energética del edificio para calefacción por transmisión a través de su envolvente. El consumo energético para calefacción dependerá además de la demanda energética asociada a la renovación del aire interior (ventilación / infiltración)²⁵. Para cuantificar la contribución de este consumo energético vamos a asumir que la temperatura interior de los espacios calefactados es de 20 °C, y que el efecto

²³ El rendimiento de los equipos de calefacción queda limitado en España por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), actualmente en revisión para adaptarse a las exigencias de la Directiva 2002/91/CE.

²⁴ Debemos tener en cuenta que para evaluar la demanda de refrigeración, además de la transmisividad solar a través de los huecos es preciso tener en cuenta la absorción solar en los cerramientos opacos, la evolución de las cargas térmicas, y la respuesta dinámica del edificio. Por tanto, a partir de las limitaciones prescriptivas del CTE no es posible obtener una cuantificación de la demanda térmica de refrigeración.

²⁵ Las normativas consideradas introducen limitaciones sobre la permeabilidad de las ventanas empleadas, pero una vez más esto no se traduce directamente en la demanda energética para renovación del aire.

de la ventilación y renovación conduce a un valor medio²⁶ de renovaciones del aire interior de $ACH = 0,9$ renovaciones/h.

Por otro lado, siguiendo el procedimiento definido en el proyecto PREDAC anteriormente comentado donde se hacía una propuesta de etiquetado energético de los edificios para la UE, a fin de poder comparar directamente los consumos energéticos de nuestras regulaciones energéticas con los valores de otros países, hemos considerado un rendimiento medio estacional de la caldera de $\eta_{caldera} = 0,80$, un consumo de energía primaria para satisfacer las necesidades²⁷ de ACS de $30 \text{ kW.h/m}^2\text{-año}$ y un consumo de energía primaria para satisfacer las necesidades de iluminación de $12 \text{ kW.h/m}^2\text{-año}$. No hemos incorporado el consumo energético asociado al consumo eléctrico del equipamiento HVAC por no ser corriente en el sector residencial de nuestro país el uso de ventilación forzada. En caso de un edificio con ventilación forzada, a los resultados presentados, además del consumo energético para refrigeración, deberíamos añadirle el consumo del sistema HVAC para poder comparar directamente con los valores de consumo energético presentados para otros países europeos.

7.1. La NBE CT 79

La NBE CT79 es la única normativa que desde 1979 regula la demanda energética de los edificios. Es una regulación focalizada en las pérdidas que establece limitaciones sobre un coeficiente de transferencia global desde el interior del edificio al exterior denominado coeficiente K_G . El cumplimiento de la norma se justifica rellenando una ficha que lleva a la evaluación del K_G a partir de los valores del coeficiente de transferencia de los distintos elementos que componen la envolvente del edificio (fachadas, cubiertas, suelo, ventanas, ...). El cumplimiento de la norma queda satisfecho si el valor del K_G del edificio propuesto es inferior al límite máximo impuesto por la norma en función del emplazamiento climático asociado a los grados-día de calefacción, de la compacidad del edificio y del tipo de energía empleado para satisfacer la demanda de calefacción.

La NBE CT79 es una normativa calaramente NO bioclimática, al acotar exclusivamente las pérdidas térmicas por transmisión. La NBE CT 79 no incluye de forma directa²⁸:

- Puentes térmicos
- Aportes solares
- Inercia (efectos dinámicos)
- Ganancias internas

²⁶ El programa LIDER para la implementación de la opción prestacional (general) del CTE impone unas renovaciones del aire interior en la temporada de calefacción de $ACH = 1,1$ renovaciones/h para viviendas unifamiliares de 1 o 2 plantas y de $ACH = 0,9$ renovaciones/h para viviendas colectivas o de más de 2 plantas.

²⁷ Este sería el consumo tipo de 4 personas compartiendo 100 m^2 de superficie útil a razón de unos 30 l/persona-día.

²⁸ En la definición del K_G aparecen una serie de factores de ponderación sobre los distintos componentes cuya única explicación es que traten de incorporar de forma aproximada algunos de estos efectos.

- Ventilación / infiltración
- Zonificación térmica interior
- Acoplamiento con equipo climatizador
- Control demanda refrigeración
- Evaluaciones de ciclo de vida

Por otro lado, como veremos, la normativa permite un consumo energético para calefacción muy elevado respecto a los límites en otros países europeos con un clima mucho más desfavorable para la temporada de calefacción.

La NBE CT79, al imponer sólo restricciones sobre el coeficiente global de transferencia K_G , permite compensar carencias en ciertos componentes de la envolvente con otros. Es decir, es posible diseñar una casa con un tejado muy poco aislado y unas paredes algo más aisladas de tal forma que cumpla con la legislación.

La NBE CT79, por sí misma, no permite conocer:

- Carga real edificio
- Potencias pico climatización
- Nivel de confort para un modo de uso y equipos climatizadores

Por tanto, su utilidad en la etapa de diseño del edificio y sus sistemas es prácticamente nula.

La verificación del cumplimiento de la NBE CT79 se realiza en el Colegio Arquitectos donde se lleve a cabo el visado del proyecto de ejecución de la vivienda. En la práctica, este proceso de verificación del cumplimiento de la normativa ha probado ser bastante ineficaz por el escaso control que se ejerce sobre el cálculo del K_G y la justificación de los valores del coeficiente de transferencia empleado para los distintos componentes de la envolvente. Tampoco hay control alguno sobre la puesta en obra de los materiales ni sobre el proceso constructivo (puentes térmicos).

En la Figura-22 mostramos la zonificación climática basada en los grados-día anuales en base 15 en la que se apoya la NBE CT79 para discriminar los valores permitidos del K_G .

Zona A: ≤ 400 grados/día anuales.
Zona B: 401 a 800 grados/día anuales.
Zona C: 801 a 1.300 grados/día anuales.
Zona D: 1.300 a 1.800 grados/día anuales.
Zona E: > 1.800 grados/día anuales.

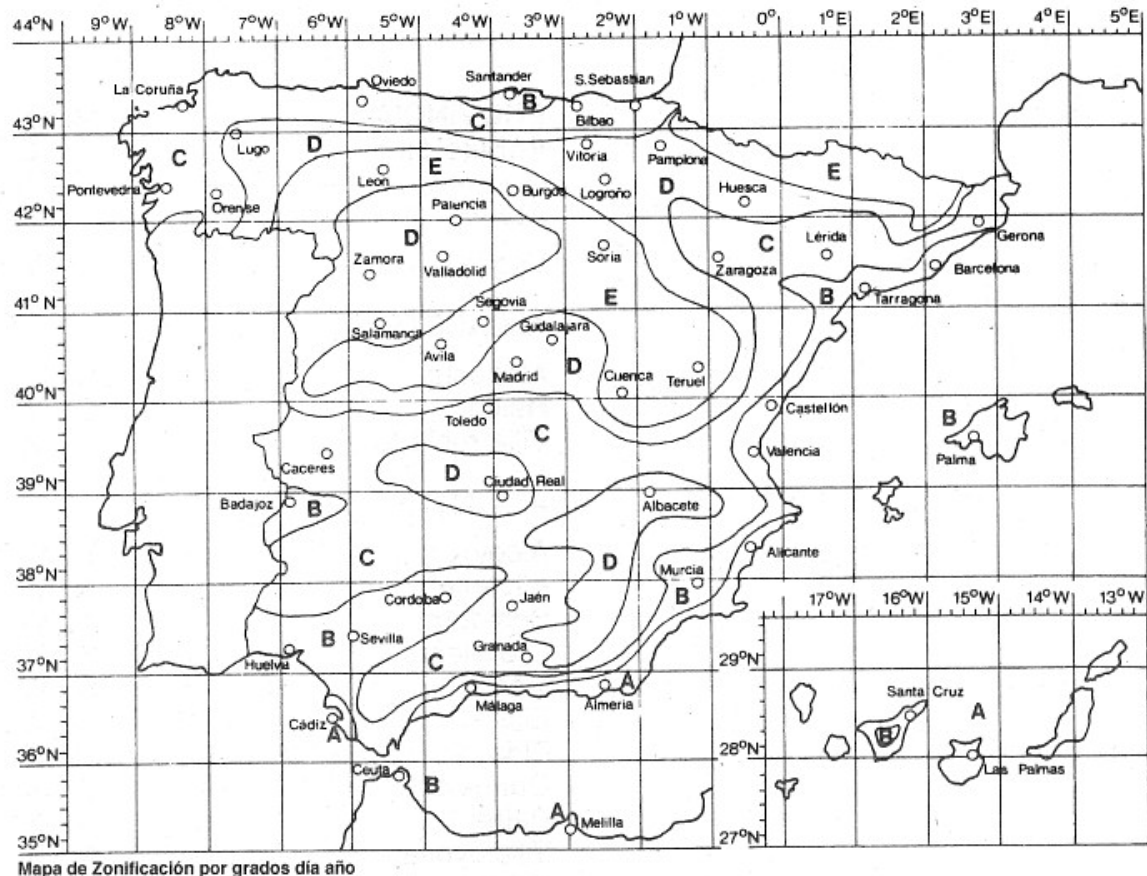


Figura-22: Zonificación climática de la NBE CT79 basada en los grados-día anuales de calefacción en base 15.

A continuación vamos a profundizar un poco más sobre las implicaciones de los límites impuestos sobre el K_G por la NBE CT79 y de las discriminaciones introducidas sobre estos límites en concepto de zonificación climática y compacidad del edificio, tomando como base los criterios mencionados en el proyecto PREDAC anteriormente comentado para el etiquetado energético en la UE.

En la Figura-23 mostramos los valores límite del coeficiente K_G permitidos por la NBE CT79 en función del clima (GD_{15}) para tres factores de forma del edificio (inverso de la compacidad), y en el caso de considerar combustibles sólidos, líquidos o gaseosos para satisfacer la demanda de calefacción.

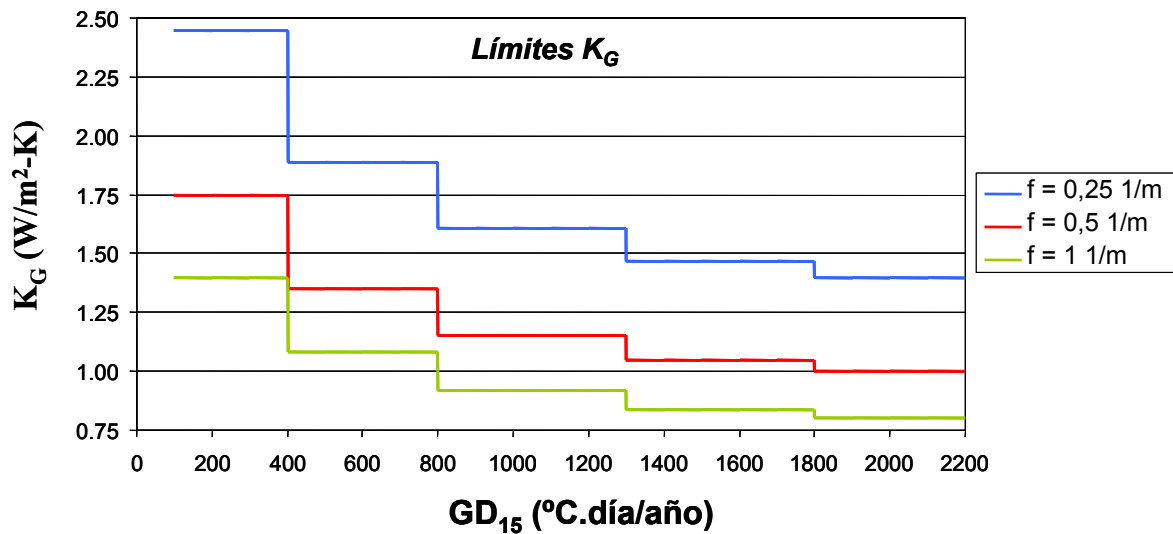


Figura-23: Valores límite del coeficiente K_G permitidos por la NBE CT79 en función del clima (GD_{15}) para tres factores de forma (inverso de la compacidad), y en el caso de considerar combustibles sólidos, líquidos o gaseosos para satisfacer la demanda de calefacción.

Por un lado vemos cómo la discriminación climática introducida reduce el límite permitido en el K_G a medida que aumenta la severidad climática de invierno en el emplazamiento. Esta tendencia es la adecuada si el objetivo es mantener acotado el consumo energético en cualquier edificio, pero la discriminación introducida a nivel de K_G no se traslada directamente en una limitación coherente sobre la demanda energética del edificio, por lo que a priori no es posible de determinar si la discriminación introducida es suficiente para garantizar una cota única en la demanda energética permitida en el edificio.

Respecto a la discriminación con la compacidad del edificio, vemos como la NBE CT79 reduce el límite permitido sobre el K_G a medida que aumenta el factor de forma del edificio (disminuye su compacidad). Esta tendencia es la adecuada si el objetivo es mantener acotado el consumo energético en cualquier edificio, pero la discriminación introducida a nivel de K_G no se traslada directamente en una limitación coherente sobre la demanda energética del edificio, por lo que a priori no es posible de determinar si la discriminación introducida es suficiente para garantizar una cota única en la demanda energética permitida en el edificio.

Vamos a empezar centrándonos en las implicaciones de la discriminación climática introducida, aunque en los gráficos mostraremos los resultados correspondientes a los tres factores de forma indicados para mantener la referencia.

Para pasar de los valores límite de K_G a los valores límite del consumo permitido vamos a emplear el método de los grados-día. Este es un método estacionario que sólo incorpora los efectos de ganancias solares y ganancias internas de forma aproximada mediante la definición de la temperatura base para evaluar los grados-día. Como hemos comentado anteriormente, este tipo de métodos no son los más apropiados para valorar las actuaciones

energéticas del edificio por sus múltiples limitaciones. Sin embargo, ahora no estamos buscando realizar una valoración de la demanda energética de un edificio dado, sino el cuantificar los límites de consumo energético permitidos por la normativa. Una normativa basada en especificar los valores de el coeficiente global de transferencia está al mismo nivel que un método de cálculo estacionario, por lo que parece coherente deducir los límites de consumo energético permitidos por esta normativa empleando el método de los grados-día para traducir las limitaciones en K_G a las limitaciones en demanda energética. Por otro lado, en los tiempos en que se desarrolló la NBE CT79 (y de hecho hasta el presente en nuestro país) los métodos de valoración energética más extendidos son los estacionarios, y en particular el de los grados-día. Además, la propia zonificación climática de la NBE CT79 está basada en los grados-día de calefacción, lo cual apunta a que es el método que subyace a la valoración energética que está en la base de esta normativa.

Los grados-día que emplearemos para evaluar la demanda energética por transmisión a través de la envolvente son en base 15 °C, mientras que la temperatura interior que consideraremos es de 20 °C (empleada para valorar la demanda energética por renovación). Los 5 °C de diferencia entre ambas temperaturas son los que incorporan de forma aproximada los efectos de las ganancias solares e internas.

En la Figura-24 mostramos los límites de la demanda energética por transmisión ($\text{kW.h/m}^2\text{-año}$) en la temporada de calefacción (la única regulada por esta normativa) permitida por la NBE CT79, en función del emplazamiento climático (GD_{15}) y para tres factores de forma.

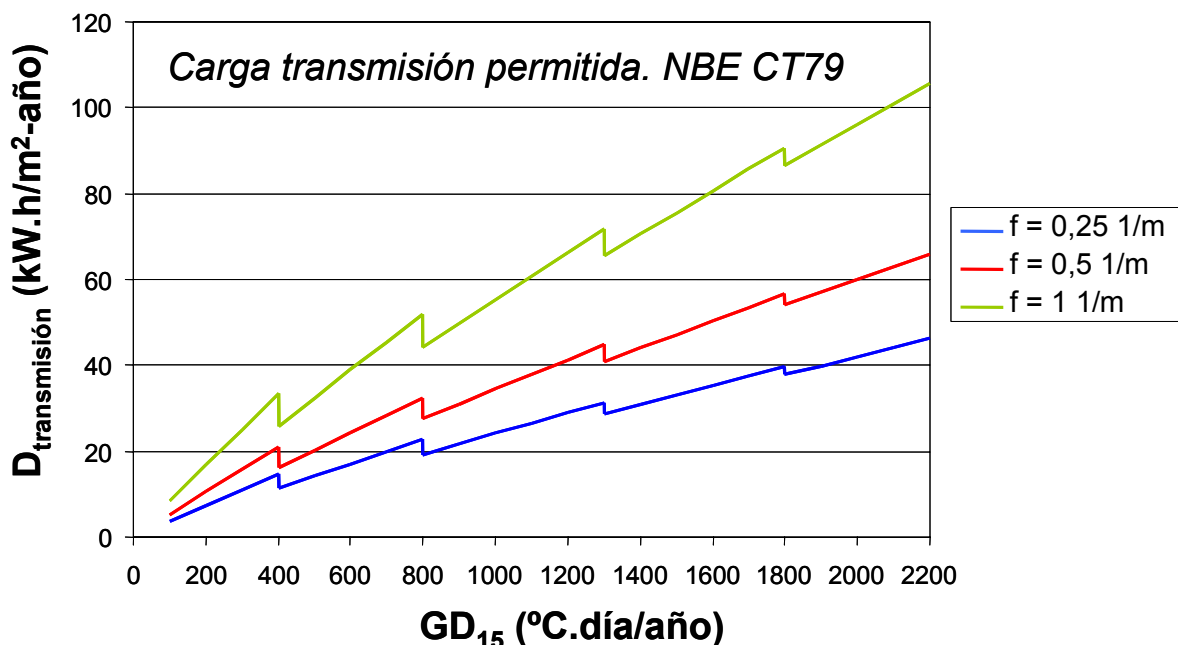


Figura-24: Límites de la demanda energética por transmisión en la temporada de calefacción (la única regulada por esta normativa) permitida por la NBE CT79, en función del emplazamiento climático (GD_{15}) y para tres factores de forma.

En esta figura podemos apreciar cómo la discriminación climática introducida en los valores límite del K_G no es suficiente para establecer un único límite en el consumo energético por calefacción. El límite permitido en la demanda energética por transmisión se incrementa en un factor de 10 al pasar de los emplazamientos con menor severidad climática de invierno a los de mayor en nuestro país. Si la normativa estuviera pensada en términos de establecer un único límite al consumo energético de climatización (calefacción y refrigeración) independientemente de la zona climática, la tendencia mostrada podría ser adecuada, pues los emplazamientos con mayor demanda de calefacción tendrán en principio una menor demanda de refrigeración. Sin embargo, la NBE CT79 no tiene ninguna pretensión de acotar el consumo energético para refrigeración, y por otro lado el factor de 10 parece excesivo para ser equilibrado con las demandas de refrigeración. Por tanto, podemos concluir que la discriminación climática introducida por la NBE CT79 no es suficiente y permite unos mayores consumos energéticos en los edificios emplazados en climas de mayor severidad climática de invierno.

Respecto a la discriminación por compacidad, vemos ya en esta figura cómo la NBE CT79 permite un consumo energético creciente con el factor de forma del edificio, con un incremento en el límite permitido muy importante al subir el factor de forma por encima de 0,5 1/m. Por tanto, a pesar de la discriminación en la dirección correcta de la NBE CT79 en términos del factor de forma, vemos como no es suficiente para mantener el consumo energético acotado independientemente de la forma del edificio. Esta situación es poco deseable²⁹ en el sentido de que se permite un mayor consumo energético a los edificios con peor diseño energético (mayor factor de forma).

Para poder comparar con los límites de consumo energético permitidos en otros países que hemos presentado anteriormente, es necesario pasar de demanda energética a consumo primario a través del rendimiento estacional medio del equipo de climatización, e incorporar a la demanda de calefacción por transmisión la asociada a la renovación del aire interior en la vivienda. Tal y como hemos comentado anteriormente, esto lo hacemos asumiendo los siguientes valores representativos del parque de viviendas actual desarrollado bajo el paraguas de la NBE CT79: $T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $ACH = 0,9 \text{ ren/h}$; $\eta_{\text{caldera}} = 0,80$. En la Figura-25 mostramos el consumo de energía primaria para calefacción permitido por la NBE CT79 bajo las hipótesis anteriores como función del emplazamiento climático y para tres factores de forma. Se siguen apreciando las mismas tendencias observadas para la demanda de transmisión, con $dQ/dGD > 0$ a pesar de la discriminación climática introducida ($dK_G/dGD < 0$), y

²⁹ Una justificación de esta discriminación insuficiente puede ser el equilibrar la balanza económica entre las pequeños edificios (casas unifamiliares) y los grandes edificios (por ejemplo bloques de vivienda) con un factor de forma inferior como consecuencia de su tamaño. Sin embargo, esta discriminación negativa permanece al comparar dos edificios del mismo tamaño, no penalizando el mal diseño energético del edificio. Nosotros somos de la opinión, coincidiendo con los resultados del proyecto PREDAC que no se debería introducir discriminación por compacidad del edificio en términos del consumo energético del mismo, es decir, que la discriminación en términos del K_G en la NBE CT79 debería ser mayor de la implementada.

$dQ/df > 0$ a pesar de la discriminación de compacidad introducida ($dK_G/df < 0$). Es oportuno resaltar que en el CTE no existe discriminación por compacidad ($dK_G/df = 0$), por lo que dQ/df será todavía mayor que con la NBE CT79, lo cual no parece tener demasiado sentido.

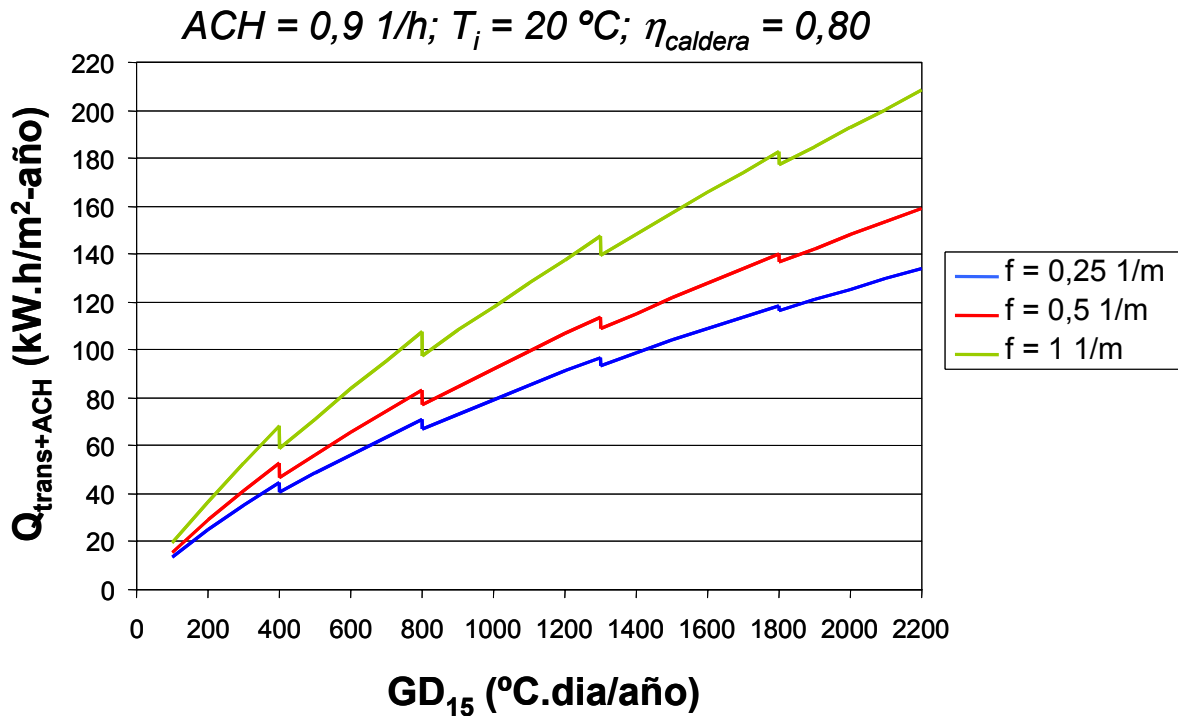


Figura-25: Consumo de energía primaria para calefacción permitido por la NBE CT79 bajo las hipótesis ($T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $ACH = 0,9 \text{ ren/h}$; $\eta_{\text{caldera}} = 0,80$) como función del emplazamiento climático y para tres factores de forma.

También debemos resaltar los elevados valores de consumo energético permitidos por la NBE CT79. Colocándonos en los emplazamientos de mayor severidad climática de invierno (2200 °C.día) para poder comparar mejor con las exigencias centroeuropeas, podemos ver cómo la NBE CT 79 permite consumos de energía primaria para calefacción de 210 kW.h/m²-año en una vivienda con $f = 1 \text{ m}^{-1}$, y de 160 kW.h/m²-año en una vivienda con $f = 0,5 \text{ m}^{-1}$. Para comparar, la regulación alemana WSch V0 1995 establece el límite de calefacción en 100 kW.h/m²-año, mientras que la certificación Low Energy House lo lleva a 70 kW.h/m²-año y la certificación Passiv Haus hasta 15 kW.h/m²-año. Teniendo en cuenta que en nuestro país además se debería incluir la demanda energética de refrigeración, queda claro que el nivel de consumo permitido es considerablemente superior al de otros países centroeuropeos hacia los que deberíamos tender.

En la Figura-26 mostramos el nivel de consumo de energía primaria total permitido por la NBE CT 79 añadiendo al consumo de calefacción un consumo para iluminación (12 kW.h/m²-año) y ACS (30 kW.h/m²-año) acordes con los valores empelados en el estudio de PREDAC para la propuesta de etiquetado

energético en Europa. Como vemos, los niveles de consumo energético permitidos son muy elevados e introducen unas discriminaciones climáticas y por compacidad que no parecen apropiadas.

ACH = 0,9 1/h; $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$; ACS = 30 kW.h/m²-a ; Ilum = 12 kW.h/m²-año

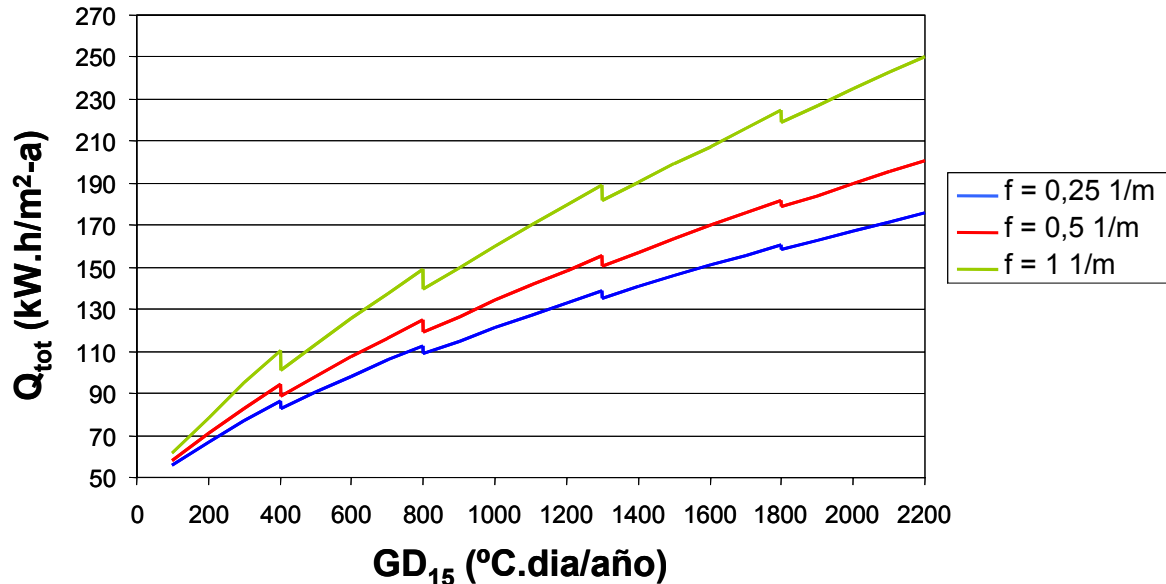


Figura-26: Nivel de consumo de energía primaria total permitido por la NBE CT 79 añadiendo al consumo de calefacción un consumo para iluminación (12 kW.h/m²-año) y ACS (30 kW.h/m²-año) acordes con los valores empelados en el estudio de PREDAC para la propuesta de etiquetado energético en Europa.

Pasamos a continuación a analizar con más detalle las implicaciones de la discriminación respecto a la compacidad del edificio. En la Figura-27 mostramos la discriminación de la NBE CT79 en función de la compacidad del edificio para las cinco zonas climáticas de esta normativa. Como podemos observar, entre $f = 0,25\text{ m}^{-1}$ y $f = 1\text{ m}^{-1}$ la discriminación introducida por la normativa va en la dirección adecuada ($dK_G/df < 0$), siendo inexistente fuera de este rango. Sin embargo, al estar la normativa referida a el coeficiente de transferencia en lugar de a la demanda o consumo energético, el efecto real de la discriminación introducida no es explícito. En la Figura-28 traducimos los límites permitidos por la NBE CT79 a demandas de calefacción por transmisión a través de los cerramientos, en la Figura-29 añadimos la demanda por ventilación para obtener la demanda total de calefacción y lo convertimos en un consumo de energía primaria a través de un rendimiento estacional medio de la caldera. Finalmente, en la Figura-30 añadimos los consumos de energía primaria tipo para ACS (30 kW.h/m²-año) e iluminación (12 kW.h/m²-año) con el fin de tener una valoración del consumo total (excluyendo refrigeración y ventilación) al que nos lleva los requerimientos de la NBE CT79.

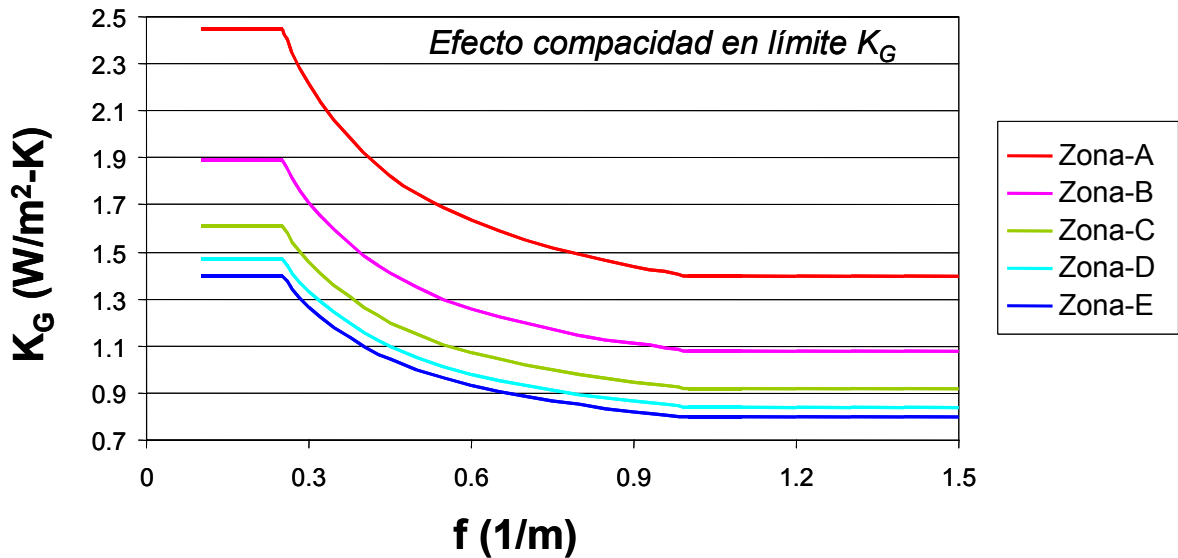


Figura-27: Discriminación de la NBE CT79 sobre los límites de K_G en función de la compacidad del edificio para las cinco zonas climáticas de esta normativa (combustibles sólidos, líquidos o gaseosos).

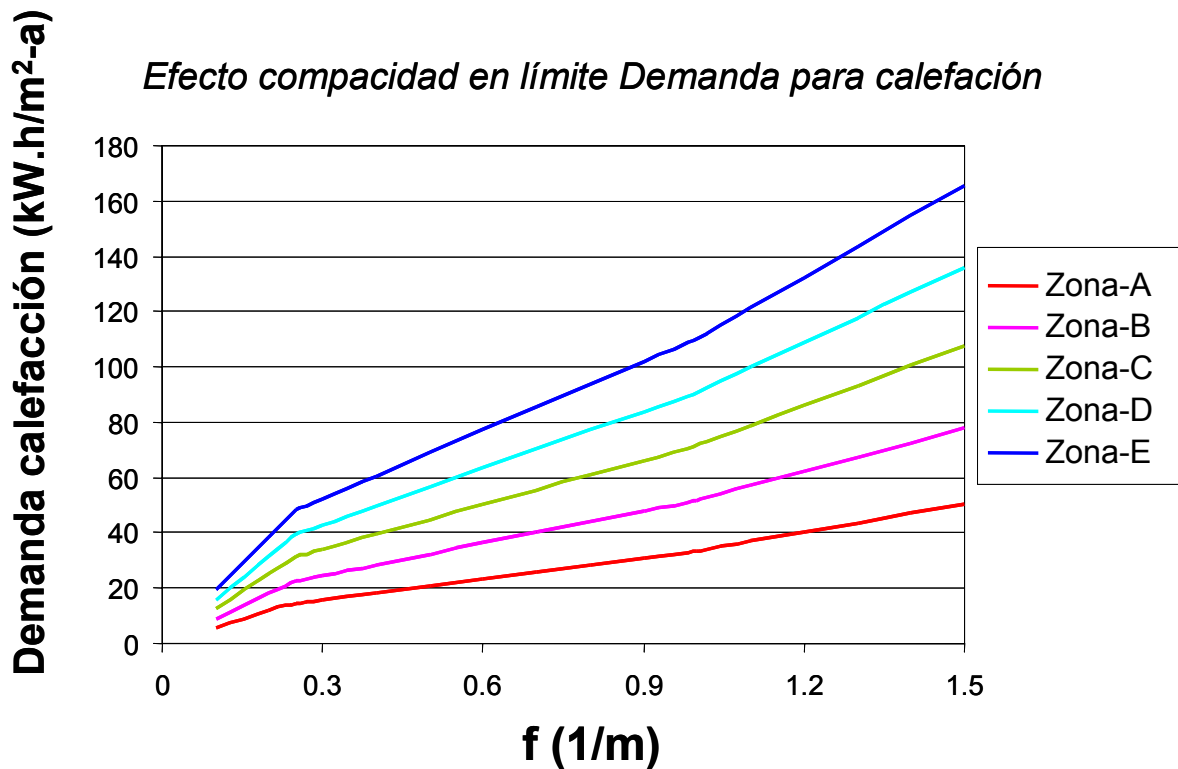


Figura-28: Límites permitidos derivados de los requerimientos de la NBE CT 79 para la demanda de energía para calefacción por transmisión, calculado con GD15. Discriminación con la compacidad para las cinco zonas climáticas.

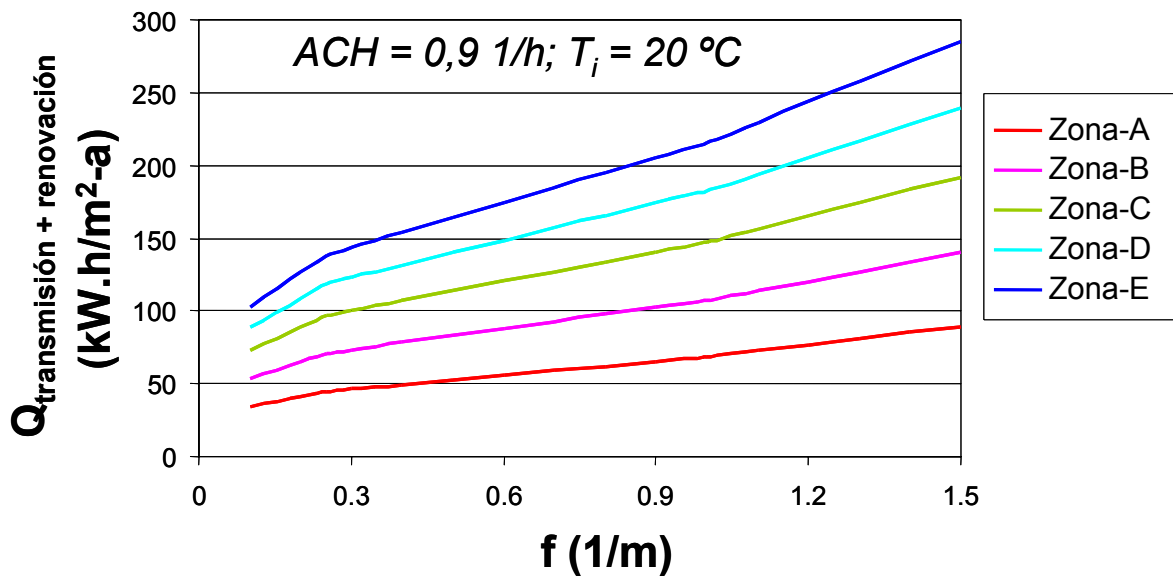


Figura-29: Límites permitidos derivados de los requerimientos de la NBE CT 79 para el consumo de energía primaria de calefacción (transmisión + renovación), calculado con GD15 ; $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$; ACH = 0,9 ren/h ; $\eta_{\text{caldera}} = 0,80$. Discriminación con la compacidad para las cinco zonas climáticas.

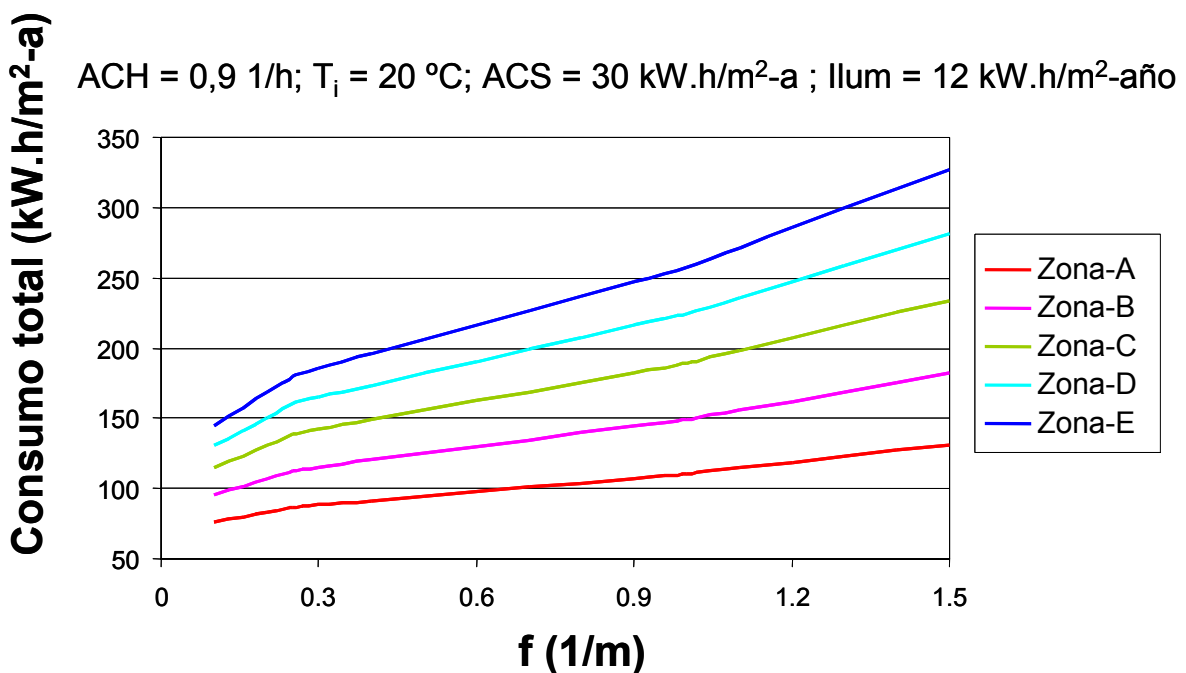


Figura-30: Límites permitidos derivados de los requerimientos de la NBE CT 79 para el consumo de energía primaria total (calefacción+ACS+iluminación) excluyendo refrigeración y consumo eléctrico para ventilación, calculado con GD15 ; $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$; ACH = 0,9 ren/h ; $\eta_{\text{caldera}} = 0,80$; Consumo ACS = 30 kW.h/m²-año ; Consumo iluminación = 12 kW.h/m²-año. Discriminación con la compacidad para las cinco zonas climáticas.

Como podemos ver, la discriminación introducida en el factor de forma ($dK_G/df < 0$) es insuficiente para evitar una discriminación negativa sobre el consumo energético, conduciendo siempre a $dQ/df > 0$, por lo que la normativa no genera la señal necesaria para primar los diseños energéticamente eficientes (bajo factor de forma). En efecto, si se estableciera un límite independiente del

factor de forma³⁰ ($dQ/df = 0$), el diseñador de un edificio determinado podría elegir entre diseños con elevado factor de forma dotados de una gran cantidad de aislamiento para satisfacer el límite legislativo, o diseños con bajo factor de forma que necesitarían menor cantidad de aislamiento para satisfacer el límite legislativo. En estas condiciones es evidente que la opción del diseñador sería la segunda por conducir a la solución de mínimo coste, que al mismo tiempo constituye la solución de mínimo embodied energy (mínimo uso de materiales: aislamiento y resto de cerramientos), por lo que se estaría contribuyendo al objetivo final que debería ser el minimizar el consumo energético total en el sector edificación. Sin embargo, con la discriminación introducida ($dQ/df > 0$) esta señal no llega al sector de la construcción, por lo que el diseñador puede elegir la opción con elevado factor de forma por no conducir a una penalización económica, por lo que la vivienda consume más energía de operación (mayor valor permitido de consumo energético), y además emplea más materiales (aislamiento y otros cerramientos), por lo que el consumo energético asociado al embodied energy también es superior.

También debemos insistir una vez más en los valores considerablemente elevados de los consumos permitidos por esta normativa en comparación con los de otros países centroeuropeos, a pesar de que en el caso español además habría que incluir el consumo energético para satisfacer la demanda de refrigeración (no considerado en los resultados presentados).

7.2. El Código Técnico de la Edificación (HE1)

El Código Técnico de la Edificación de próxima aprobación en nuestro país actualizará la normativa existente. En cuanto a la demanda de energía térmica de los edificios, la NBE CT 79 quedará sustituida por las exigencias básicas de ahorro de energía del CTE, en especial la HE1 (limitación de la demanda energética). Por otro lado, las instalaciones de los edificios serán reguladas por la HE2 (rendimiento de las instalaciones térmicas) que se articula a través de la actualización del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) actualmente en proceso. Por tanto, en este apartado nos ocuparemos exclusivamente de la HE1 (limitación de la demanda energética).

El CTE ha cumplido ya el plazo de revisión y alegaciones en la UE (26/4/04), por lo que una vez aprobadas las modificaciones del RITE, quedaría pendiente de la publicación de un Real Decreto para su aprobación definitiva en España. A partir de este momento empezaría a correr el plazo de 12 meses para la entrada en vigor desde su publicación en el BOE.

³⁰ Si se considerara necesario se podría distinguir entre límites asociados a tamaños de edificio con el fin de que una vivienda unifamiliar no tuviera el mismo límite de consumo permitido que un gran bloque de viviendas que simplemente por su mayor tamaño tendrá ya un factor de forma considerablemente inferior. Pero esta distinción no nos parece fundamental, siendo lo realmente importante que para un tamaño de edificio dado no exista discriminación alguna por compacidad para que la normativa genere la señal adecuada para el sector de la construcción. Por tanto, ante la disyuntiva de no tener discriminación alguna por factor de forma o tener una que manda la señal equívoca al sector de la construcción nos decantamos claramente por la primera opción.

En cuanto a los aspectos energéticos del edificio, el CTE debe trasponer los requerimientos regulativos de la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética en edificios, y como comentaremos en este apartado, la actual estructura del CTE pone en seria duda la posibilidad de alcanzar los objetivos establecidos en esta Directiva e incluso la concordancia ente el CTE y la ‘filosofía’³¹ de la 2002/91/CE.

En marzo del 2002 hubo un primer proyecto de CTE, y posteriormente en noviembre del 2003 salió un segundo proyecto que es la que se ha remitido a la UE. Puesto que ha habido ciertas diferencias entre los dos proyectos, a continuación los comentamos por separado para mostrar la evolución.

El CTE de la edificación, al igual que la NBE CT 79 no establece límites directos sobre el consumo máximo permitido en los edificios. En su opción prescriptiva (simplificada) establece límites sobre los coeficientes de transferencia estacionarios de cada uno de los componentes (fachadas, ventanas, techos y suelos), procedimiento muy parecido al seguido por la NBE CT79 con la diferencia de que ésta última impone un límite al coeficiente global de transferencia de todo el edificio, mientras que el CTE sólo impone límites a los distintos componentes del edificio. Esto como veremos tiene importantes implicaciones, pudiéndose dar el caso de que las exigencias del CTE sean inferiores a las de la NBE CT 79. En su opción prestacional (general) el CTE tampoco proporciona un límite permitido del consumo energético de un edificio, sino que procede a comparar el edificio propuesto (edificio objeto) con un edificio de referencia, con la peculiaridad de que la referencia es variable con el edificio objeto. Para el cumplimiento del CTE en su opción prestacional hay que comprobar que el consumo del edificio objeto sea inferior al del edificio de referencia. Puesto que en principio el edificio de referencia empleado por el procedimiento prestacional del CTE es uno que cumpla la opción prescriptiva, a la hora de cuantificar nos centraremos en los límites establecidos por la opción prescriptiva.

Después de comentar las peculiaridades de los dos proyectos del CTE, procederemos a realizar una comparación del mismo con la NBE CT79. Para ello, puesto que el CTE y la NBE CT79 emplean criterios distintos para limitar la demanda energética adoptaremos la escala de la NBE CT79 (el coeficiente KG) para comparar ambas regulaciones energéticas, evaluando por tanto el KG de edificios cumpliendo los límites del CTE y comparándolos con los de la NBE CT79. De esta forma podremos apreciar cómo aunque en apariencia el CTE es más exigente que la NBE CT79, al comparar ambas normativas en la misma escala no siempre es así, existiendo bastantes casos en los que el CTE resulta menos exigente que la NBE CT79.

³¹ En nuestra opinión la estructura del CTE se opone en algunos aspectos fundamentales a los planteamientos de la Directiva 2002/91/CE, pero debido a la falta de concreción en la propia Directiva, esta discrepancia que para nosotros se hace evidente, puede ser difícil de llevar a un terreno más concreto que la ‘filosofía’ que se desprende de la lectura de la Directiva. Estas situaciones se evitarían si las Directivas fueran más concretas en sus aspectos fundamentales para no dejar hueco a libre interpretaciones de sus contenidos.

Por último, puesto que ni la NBE CT79 ni el CTE proporcionan directamente valores del consumo energético permitido en los edificios, con el fin de comparar con las normativas de otros países pasaremos a evaluar el consumo permitido por el CTE en los edificios a partir de los límites normativos establecidos y de el mismo método de cálculo empleado en el punto anterior para evaluar los consumos permitidos por la NBE CT79. Como ya comentamos en el punto anterior, el método de cálculo empleado (grados-día) no es el más adecuado hoy en día para valorar energéticamente un edificio, pero es el coherente con los planteamientos de la NBE CT79 y por tanto nos permite comparar en términos de consumo energético directamente los valores obtenidos para la NBE CT79 y los del CTE, que es el objetivo de este estudio.

7.2.1. Primer proyecto

El control de la demanda energética del edificio se estructura en dos opciones: prescriptiva y prestacional.

La opción prescriptiva es de estructura muy parecida a la NBE CT 79 en el sentido en que está basada en limitaciones impuestas sobre los coeficientes de transferencia de los distintos componentes de la envolvente del edificio (fachadas, suelos, cubiertas y ventanas), sin embargo, a diferencia de la NBE CT 79 no impone límite alguno sobre el coeficiente global de transferencia del edificio al entorno y no introduce ninguna discriminación por compactidad del edificio en los límites impuestos.

La opción prescriptiva es aplicable cuando:

- El % de huecos de cada fachada es inferior a un 60 % de su superficie.
- El % de lucernarios es inferior al 5 % de la superficie de la cubierta.
- Se excluyen edificios con elementos no convencionales (muros trombe, invernaderos, ...³²)

Si un edificio no puede aplicar la opción prescriptiva deberá verificar su cumplimiento de la normativa mediante la opción prestacional, basada en la simulación dinámica con un programa de cálculo oficial (queda abierta la opción a usar otros programas pero en la práctica las restricciones impuestas hacen que sólo se pueda emplear el 'oficial'. En el caso de que el programa de cálculo 'oficial' no sea capaz de modelar correctamente³³ los aspectos energéticos del edificio en análisis, éste no tiene otra forma de justificar el cumplimiento con la legislación.

³² Hay falta de concreción en todo lo que queda excluido.

³³ Posible dadas las limitaciones del método de cálculo 'oficial'

La opción prescriptiva proporciona unos valores límite para la transmitancia de muros ($U_{M,lim}$), suelos ($U_{S,lim}$), cubiertas ($U_{C,lim}$) y huecos ($U_{H,lim}$), así como valores límite para el factor solar modificado de huecos (transmitancia solar de huecos) en la temporada de refrigeración ($F_{H,lim}$). Los valores de $U_{H,lim}$ están discriminados por orientaciones y los de $F_{H,lim}$ por orientaciones y nivel de carga interna. La comprobación del cumplimiento con la opción simplificada consiste en verificar que los valores promedio en áreas de las transmitancias de muros (U_{Mm}), suelos (U_{Sm}), cubiertas (U_{Cm}) y huecos (U_{Hm}), así como el factor solar modificado (F_{Hm}) son menores que los valores límite.

La opción prescriptiva se basa en la suposición de que los edificios que cumplen con los requerimientos de conductancia y factor solar límite establecidos, presentarán un consumo energético menor que el edificio propuesto con dichos valores límite. Sin embargo no proporciona información alguna sobre dicho consumo energético máximo permitido, que además no existe dado que el edificio de comparación es variable para cada edificio al tener la misma forma que el edificio en análisis.

Por otro lado, al excluir efectos dinámicos, inerciales, y de absorción solar en muros y cubiertas, la afirmación ya de por sí vaga de que va a tener un menor consumo energético que el edificio de referencia, queda envuelta en una mayor incertidumbre.

A modo de comparación, en las siguientes tablas mostramos los límites de conductancias permitidas por la NBE CT 79 y el CTE para distintos componentes³⁴ en Madrid y Barcelona.

Componente	NBE CT 79	CTE
Cubierta	0,90	0,61
Fachada ligera (<200 kg/m ²)	1,20	0,69
Fachada pesada (>200 kg/m ²)	1,40	0,69
Forjado sobre espacio abierto	0,80	0,69
Pared a local no calefactado	1,60	0,69
Suelo/techo a local no calefactado	1,20	0,69
Suelo	-	0,69

Limitaciones de la NBE CT 79 y el CTE sobre distintos componentes de la envolvente en Madrid

³⁴ Debemos resaltar que la limitación sobre conductancias de componentes presente en el primer proyecto de CTE ha desaparecido en el segundo proyecto, quedando sólo la limitación en el valor medio de las conductancias de los distintos elementos constructivos, que es mucho más exigente.

Componente	NBE CT 79	CTE
Cubierta	1,40	0,80
Fachada ligera (<200 kg/m ²)	1,20	0,93
Fachada pesada (>200 kg/m ²)	1,80	0,93
Forjado sobre espacio abierto	1	0,93
Pared a local no calefactado	2	0,93
Suelo/techo a local no calefactado	-	0,93
Suelo	-	0,93

Limitaciones de la NBE CT 79 y el CTE sobre distintos componentes de la envolvente en Barcelona

Pero además, el CTE establece límites sobre el valor medio de las conductancias de los distintos elementos, que son bastante más exigentes que las conductancias máximas permitidas sobre cada componente y presentadas en las tablas anteriores. En la siguiente tabla mostramos a título de ejemplo los valores medios máximos permitidos por el CTE para los distintos componentes en Madrid y Barcelona.

Componente	Madrid	Barcelona
Cubierta	0,38	0,41
Suelo	0,49	0,50
Muros	0,66	0,73
Ventanas	3,5 – 1,9	4,4 – 2,2

Valores máximos de la conductancia media de distintos componentes. Para los huecos el valor límite depende de la orientación.

Por tanto, vemos cómo a nivel de componentes de la envolvente el CTE es bastante más exigente que la NBE CT 79 (que además no establece límites de conductancias para los huecos ni valores máximos del factor solar en temporada de refrigeración para los huecos).

Sin embargo, la limitación real de la NBE CT 79 no es sobre los componentes por separado sino sobre el coeficiente global de transferencia de todo el edificio (K_G), que además incorpora discriminaciones por compacidad. Por tanto no es posible comparar directamente los niveles de exigencia en cuanto a demanda energética del CTE y de la NBE CT 79. De hecho veremos más adelante cómo en ciertos casos la limitación en cuanto a demanda de calefacción de la NBE CT 79 es más exigente que la del CTE.

En cuanto a la opción prestacional, se basa en comparar la demanda energética del edificio en cuestión (*edificio objeto*) y un *edificio de referencia* en la temporada de calefacción estipulada en el CTE (diciembre-enero-febrero) y el en temporada de refrigeración (junio-julio-agosto-septiembre), mediante simulación dinámica de sus actuaciones en un programa de cálculo.

Respecto al edificio de referencia, debe cumplir los siguientes requisitos:

- Misma forma y tamaño que edificio objeto
- Mismos obstáculos remotos que el edificio objeto
- Con unos componentes de la envolvente que cumplan la opción prescriptiva

En este primer proyecto del CTE el edificio de referencia quedaba un poco indefinido y a expensas de acabar de ser especificado por los 'organismos competentes'. De igual forma, la información climática en la que apoyar el cálculo dinámico queda pendiente de ser proporcionado por los 'organismos competentes'.

Respecto al método de cálculo de la opción prestacional se anuncia sin dar más detalles (y por tanto sin conocer sus prestaciones) que existe un método de cálculo oficial (MCO) que estará a disposición de los usuarios. Se deja en principio abierta la puerta a que se puedan emplear métodos de cálculo alternativos (MCA). Pero se establecen una serie de requerimientos impuestos sobre un MCA para ser admitido como tal:

- Ser capaz de construir de forma automática el edificio de referencia
- Generar una salida impresa automática con el documento administrativo para justificar el cumplimiento del CTE
- Ser validado por los 'organismos competentes'

Estos requerimientos, aparte de quedar bastante indefinidos, dificultan la incorporación de herramientas de simulación dinámica de edificios más potentes y con mayor trayectoria que el MCO.

La única limitación para aplicar la opción prestacional es el uso en el edificio de soluciones constructivas cuyos modelos no estén incorporados en el programa informático utilizado. Sin embargo, los edificios que se encuentren en esta situación, puesto que por lo general tampoco se podrán acoger a la opción prescriptiva, se quedan en el 'aire' pendientes de su verificación del CTE.

A nuestro entender no tiene sentido limitar la utilización de programas de simulación dinámica de edificios ampliamente aceptados y con mucha más potencia de desarrollo y modelos incorporados que el MCO que se haya desarrollado específicamente para el CTE. Dicho MCO, que en la práctica será el único utilizable con las restricciones impuestas sobre los MCA, está limitando la posibilidad de analizar correctamente el comportamiento energético de distintas opciones constructivas, algunas de las cuales tienen un potencial de ahorro energético significativo. Parece absurdo limitar la capacidad y potencia de la simulación energética dejando de lado la ya abundante experiencia acumulada por otros programas informáticos.

La correcta evaluación energética del comportamiento de un edificio requiere tener en cuenta la dinámica del mismo, de sus equipos climatizadores, y del

acoplamiento entre ambos, todo ello sometido a sus condiciones de contorno. esto, y especialmente al considerar elementos de arquitectura bioclimática y sistemas solares activos, a menudo requiere el modelado preciso de nuevos componentes y elementos, lo cual sólo se puede realizar correctamente con un software abierto, evolutivo y bien contrastado.

En definitiva, podríamos decir que el CTE presenta las siguientes mejoras respecto a la NBE CT79:

- Normativa más bioclimática que NBE CT79, al introducir discriminaciones por orientación y limitaciones en ganancias solares de verano
- Mayor grado de exigencia en límites de conductancia de componentes, aunque ello no se pueda traducir directamente en una mayor grado de exigencia sobre el consumo energético de la vivienda ...
- Incluye consideraciones sobre irradiación solar, inercia (limitado), ganancias internas
- Introduce una zonificación climática invierno/verano
- Ejerce cierto control tanto sobre la demanda de calefacción como la de refrigeración
- La opción prescriptiva no permite compensar entre distintos componentes de la envolvente al introducir limitaciones estrictas sobre cada uno de ellos

Pero ...

- Separa requisitos sobre la demanda energética y sus sistemas, por lo que no analiza el acoplamiento entre ambos.
- No proporciona 'eficiencia energética' según 2002/91/CE (demanda energética) ni potencias pico de los equipos climatizadores.
- No limita ni evalúa el porcentaje de tiempo con falta de confort térmico
- Opción prescriptiva excluye soluciones con gran potencial ahorro
- Opción prestacional:
 - Basada en código/procedimiento rígido
 - Comparación con edificio referencia variable con condiciones contorno rígidas

El CTE introduce un concepto interesante, el de severidad climática para discriminar los requerimientos energéticos por zonas climáticas. Según el CTE la severidad climática definida representa el cociente del consumo energético de un edificio cualquiera en un emplazamiento dado respecto al que ese edificio tendría en Madrid. En el CTE se proporcionan ajustes de las severidades climáticas de invierno (SCI) y verano (SCV) en función de los grados día y la radiación solar. La zonificación climática que establece el CTE está basada en los valores de las SCI y SCV.

Para comprobar la validez del concepto de los periodos considerados por el CTE en el régimen de calefacción (diciembre-febrero) y refrigeración (junio-septiembre) , hemos procedido a realizar simulaciones dinámicas con TRNSYS

sobre algunas viviendas en Barcelona y Madrid. En la Figura-31 mostramos los resultados. En esta figura se muestran resultados de simulaciones dinámicas sobre viviendas con cerramientos aislados, ventana simple, sin contraventana nocturna, y operando sin modificación de la temperatura de consigna de calefacción y refrigeración. Los distintos casos corresponden a tener en cuenta o no unas ganancias internas (ocupación / equipos) de la magnitud considerada en el primer proyecto de CTE, para la vivienda emplazada en Madrid o Barcelona. Los resultados muestran la demanda energética para calefactar y refrigerar la vivienda evaluada en distintos periodos de tiempo:

- Rég. Calefacción: El periodo considerado por CTE (Diciembre-Enero-Febrero)
- Calefacción: La demanda anual de calefacción.
- Rég. Refrigeración: El periodo considerado por CTE (Junio-julio-agosto-septiembre)
- Refrigeración: La demanda anual de refrigeración.

Como podemos ver, en ausencia de ganancias internas, los errores de la demanda de calefacción controlada frente a la total son superiores al 40 %, e incluso considerando las ganancias internas pueden llegar a ser del orden del 35 %, mientras que el error de la demanda de refrigeración controlada frente a la total llega a ser superior al 26 %.

Por tanto, vemos cómo hay grandes discrepancias entre la carga objeto (régimen) y la anual, así como importantes desequilibrios de la discrepancia según el emplazamiento y el que estemos considerando el régimen de calefacción o el de refrigeración. Todo esto hace cuestionable los regímenes elegidos tanto para la zonificación climática del CTE como para juzgar bondad energética de forma espacial y estacionalmente coherente mediante la opción prestacional del CTE, que limita sus cálculos a estos periodos de tiempo.

Viviendas: Pared aislada, ventana simple, sin contraventana nocturna, climatizada sin schedule

	Caso-14	Caso-15	Caso-16	Caso-17
Emplazamiento	Barna	Madrid	Madrid	Barna
Ganancias Internas	NO	NO	SI	SI
Rég. Calef. (kW.h/m ²)	45,15	74,75	38,43	16,88
Calef. (kW.h/m ² -año)	77,85	129,06	56,40	25,95
Rég. Refr. (kW.h/m ²)	6,58	11,88	48,03	38,61
Refr. (kW.h/m ² -año)	8,35	12,28	54,05	52,45
Error Calef. (%)	-42,00	-42,08	-31,86	-34,95
Error Refr. (%)	-21,13	-3,22	-11,14	-26,39

Figura-31: Resultados de simulaciones dinámicas con TRNSYS en viviendas situadas en Barcelona y Madrid para comprobar la idoneidad de los periodos de calefacción y refrigeración definidos por el CTE.

El concepto de severidad climática de un emplazamiento condiciona a la clasificación climática del CTE y por tanto a los límites del CTE impuestos sobre las viviendas en este emplazamiento, por lo que resulta interesante contrastar la coherencia del concepto. La severidad climática se define como el cociente entre el consumo energético de un edificio cualquiera en un emplazamiento dado entre el consumo de este edificio colocado en Madrid, y según el CTE depende sólo de la irradiación solar y grados día. El CTE asume que este ratio no depende del tipo de edificio, lo cual es muy cuestionable, pero aún aceptando este punto, comprobemos para un edificio dado la coherencia del concepto evaluando su severidad climática en distintas condiciones de operación (sin y con ganancias internas - Evaluadas según primer borrador CTE) y a lo largo de distintos periodos de tiempo.

En la Figura-32 mostramos resultados derivados de contrastar el concepto de severidad climática introducido por el CTE mediante simulaciones dinámicas en edificios con y sin ganancia interna en Barcelona y Madrid. Las condiciones meteorológicas para las simulaciones dinámicas se han obtenido sintetizando años meteorológicos a partir de las medias mensuales proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología mediante el software *Meteonorm*. Se introducen distintas severidades climáticas para proceder a contrastar el concepto:

- SC: Severidad climática según correlaciones CTE. Evaluadas mediante dichas correlaciones en función de la irradiación solar total mensual y los grados día (calculados en base horaria) derivados de los años meteorológicos tipo empleados.
- SC*: Severidad climática evaluada según su concepto de definición (consumo relativo al de la vivienda colocada en Madrid) mediante simulación dinámica extendida a los regímenes de calefacción y refrigeración según el CTE.
- SC**: Severidad climática evaluada según su concepto de definición (consumo relativo al de la vivienda colocada en Madrid) mediante simulación dinámica extendida a todo el año.

Como podemos observar, al calcular la severidad climática de invierno y verano mediante simulación dinámica, el resultado de la zonificación climática correspondiente para Barcelona se modifica respecto a la resultante de aplicar la correlación del CTE en función de irradiación solar y grados día. Así mismo, la clasificación climática de Barcelona se ve modificada si consideramos ganancias internas en la simulación respecto al caso de no considerar ganancias internas. También difiere la clasificación climática de Barcelona si basamos el cálculo de las demandas energéticas en los periodos limitados por el CTE como regímenes de calefacción y refrigeración o si extendemos los cálculos a todo el año. Es de resaltar como en ninguno de los 4 casos con severidades climáticas calculadas a partir de simulación dinámica coincide la clasificación climática de Barcelona con la que le asigna el CTE. De estos resultados podemos concluir que el concepto de severidad climática no se correlaciona adecuadamente con la información de irradiación solar y grados día en los regímenes de calefacción y refrigeración, presentando una

dependencia significativa con las condiciones de operación del edificio y con el periodo de evaluación de la demanda energética. Por tanto, no parece muy justificado introducir una discriminación de los límites permitidos por el CTE en función de dicho concepto.

Viviendas: Pared aislada, ventana simple, sin contraventana nocturna, climatizada sin schedule

Caso	Emplazamiento	G.I.	SCI	SCV	SCI*	SCV*	SCI**	SCV**
14	<i>Bama</i>	NO	0,64	0,88	0,60	0,55	0,60	0,68
15	<i>Madrid</i>	NO	1,14	1,05	1	1	1	1
Calif. Barna CTE		NO	C2		B1		B2	
16	<i>Madrid</i>	SI	1,14	1,05	1	1	1	1
17	<i>Bama</i>	SI	0,64	0,88	0,44	0,80	0,46	0,97
Calif. Barna CTE		SI	C2		B2		B3	

Figura-32: Resultados de simulaciones dinámicas con TRNSYS en viviendas situadas en Barcelona y Madrid para comprobar la coherencia de los conceptos de severidad climática introducidos por el CTE. G.I. indica la presencia de ganancias internas en la simulación realizada. SC, SC* y SC** definidas en el texto.

El CTE sigue siendo al igual que la NBE CT 79 una restricción pasiva sobre el comportamiento térmico del edificio, pero sigue sin incentivar, y de hecho en ocasiones desincentiva, el que los aspectos energéticos de la vivienda se incorporen en el proceso de diseño. ¿Cuanto consume la vivienda?, ¿Cómo se acopla con los equipos climatizadores?, ¿Cual es la potencia pico demandada?, ¿cuales son las desviaciones a esperar del criterio de confort?.

Es más, mediante la aplicación de esta legislación (CTE) es posible que queden excluidas soluciones constructivas que conduzcan a un menor consumo energético, por la incapacidad del CTE de valorar correctamente sus actuaciones energéticas. Consideremos por ejemplo el edificio de la Figura-33, que incorpora elementos de diseño bioclimático y sistemas activos basados en energía renovable (ganancia solar directa, sombreado activo, energía solar activa con suelo radiante, ...). Probablemente sea de los edificios de menos consumo fósil de la zona si se diseñan y operan correctamente estos elementos ... Pero quedará automáticamente excluida por legislación cuando se apruebe el CTE por tener una fachada con más del 60 % ocupado por ventanas. En efecto, la opción prescriptiva excluye este caso explícitamente, y la opción prestacional lo excluye implícitamente por las limitaciones del MCO que impiden una correcta valoración energética del edificio (sombreado activo, suelo radiante, sistema solar activo, ...), y por compararla con una referencia variable que en este caso estaría formada por una vivienda con menor área de ventanas o con mayor aislamiento de pared.



Figura-33: Vivienda en la Comunidad de Madrid con elementos de diseño bioclimático e incorporación de sistema solar activo. Excluida por Real Decreto al no poder ser correctamente evaluada por el CTE, a pesar que con estos elementos correctamente diseñados y operados se pueda ir a un consumo energético considerablemente inferior al mínimo establecido en el CTE.

7.2.2. Segundo proyecto

Este segundo proyecto de CTE que ha sido el presentado a la UE y por tanto el que se implementará, mantiene la misma filosofía general del primer proyecto, si bien con algunos pequeños cambios y la información estructurada de distinta forma. Así, el estado de definición de la herramienta informática para implementar la que antes se denominaba *opción prestacional* y que pasa a denominarse opción general, está mucho más definida (LIDER), y parte de la información que aparecía antes en el borrador de CTE está ahora encapsulada en esta herramienta informática.

Los requisitos de ahorro de energía del CTE separan la demanda de energía del edificio (HE1) y el rendimiento de las instalaciones térmicas (HE2), quedando éste último regulado por el RITE que está el proceso de actualización. Bajo la filosofía de la Directiva 2002/91/CE subyace la necesidad de analizar conjuntamente el sistema de climatización y el edificio sobre el que actúa, pues las actuaciones del sistema global, y por tanto el consumo de energía primaria, dependen del acoplamiento dinámico entre ambos subsistemas. Sin embargo, en el CTE quedan separados los requerimientos sobre ambos subsistemas, obviando por tanto la necesidad de su análisis conjunto.

De esta forma, el programa LIDER para implementación de la opción prestacional (general) evalúa sólo la demanda energética del edificio, sin opción de incorporar los equipos de climatización en la simulación. Por otro

lado, para la certificación energética de viviendas, CALENER, el programa propuesto sí que incorpora los equipos de climatización además de el edificio en la simulación, si bien no lo hace de forma acoplada para retener sus interacciones mutuas sino de forma secuencial (primero edificio y después equipos), y además está limitado al análisis de cierto número de sistemas de climatización predefinidos que no tienen porqué coincidir con el realmente implementado en el edificio.

Todas estas parecen demasiadas restricciones impuestas por el procedimiento planteado. Por un lado sería deseable que las herramientas de cálculo empleadas para la valoración energética no se vieran limitadas por legislación de tal forma que no puedan realizar una correcta valoración del consumo de energía primaria de los diseños propuestos, y en especial de aquellos destinados a proporcionar un menor consumo energético (p.ej. bioclimática). Por otro lado, el uso de una herramienta común para la regulación energética (CTE) y la certificación energética, que permitiera en ambos casos un análisis conjunto de el edificio y los sistemas de climatización, conduciría sin duda a una mayor penetración del análisis energético en el proceso de diseño y definición de los edificios, con lo que se alcanzarían ahorros de energía primaria superiores. La situación actual con dos herramientas distintas, y máxime cuando ninguna de ellas proporciona información cuantitativa sobre el consumo de energía primaria, difícilmente va a conducir a una internalización del análisis energético en el sector de la edificación, pues para ello el analista energético debería aprender a usar una tercera herramienta que realizara una cuantificación suficientemente precisa del consumo de energía primaria del edificio.

Para mostrar el cumplimiento de la exigencia HE1 (limitación de la demanda energética) el CTE ofrece dos opciones:

Opción simplificada:

La anteriormente denominada opción prestacional. Conceptualmente es del mismo estilo que la NBE CT 79 si bien incluso más problemática³⁵ al no imponer restricción alguna sobre el coeficiente de transferencia global del edificio limitando sus requerimientos a los coeficientes de transferencia de los distintos componentes (fachadas, ventanas, suelos y cubierta), y al no introducir discriminación alguna de los coeficientes de transferencia permitidos en función de la compactidad del edificio.

Esta opción no incorpora la valoración de la 'eficiencia energética' en los términos de la Directiva 2002/91/CE, esto es, la cantidad de energía primaria consumida (kW.h/m²-año).

Dado el nulo valor añadido de la otra opción (general o prestacional) tal como está planteada, y la considerablemente menor complejidad de la opción

³⁵ Ver análisis comparativo con NBE CT 79 a continuación.

simplificada, en la práctica la gran mayoría de edificios serán evaluados con la opción simplificada. Solamente aquellos diseños que explícitamente no puedan ser evaluados con la opción simplificada (porcentaje de huecos en cada fachada menor del 60 %, porcentaje de lucernarios inferior al 5 % de la superficie de cubierta, muros trombe, invernaderos, ...), o que mediante la opción simplificada no puedan justificar su buen comportamiento y al mismo tiempo si puedan hacerlo con la opción general³⁶, recurrirán al uso de la opción general. Es más, esta situación conducirá a desestimar desde las primeras etapas de definición del edificio diseños que no puedan ser valorados mediante la opción simplificada, reduciendo así la penetración de prácticas constructivas con potencial de reducir el consumo energético de los edificios, lo cual parece bastante contradictorio con los objetivos de la Directiva 2002/91/CE.

Por poner un ejemplo de lo anterior, la práctica bioclimática relativamente común, aunque no siempre energéticamente justificada, de disponer en las fachadas orientadas al sur muros de elevada inercia y sin aislamiento con el fin de que capten, almacenen y transmitan su absorción solar al interior de la vivienda, con el CTE quedarían automáticamente desestimadas por Real Decreto en la mayoría de los casos al no cumplir la opción simplificada, y requerir por tanto para su justificación el ser analizados con la opción general con las limitaciones de la herramienta de cálculo y procedimiento en ella empleadas.

Las modificaciones de esta opción del CTE respecto a la NBE CT 79 son fundamentalmente las siguientes:

- Reducción de los coeficientes de transferencia (U) máximos permitidos para los distintos componentes de la envolvente del edificio. Sin embargo, como veremos más adelante, esto no conlleva necesariamente una reducción de la exigencia normativa sobre el coeficiente global de transferencia de la vivienda, que es a fin de cuentas el que tendrá una relación más directa sobre el consumo energético de la vivienda. Por tanto, en algunos casos en consumo energético permitido por la opción simplificada (y por tanto por la general que hace referencia implícita a la simplificada) puede ser superior al permitido por la actual NBE CT79, lo cual es un sin sentido.
- Añade una limitación a la transmisividad de los huecos frente a los aportes solares en la temporada de refrigeración, y por tanto ejerce un cierto control sobre la demanda de refrigeración, si bien se queda todavía más lejos que en el caso de la calefacción de proporcionar una cuantificación de dicha demanda energética para refrigerar.
- Añade una consideración explícita de los puentes térmicos de la envolvente.
- Introduce consideraciones de orientación sobre los valores permitidos del coeficiente de transferencia de los huecos.

³⁶ Situación poco común dadas las limitaciones de la opción general para valorar correcta y equitativamente un diseño en base a su consumo energético.

- Añade consideraciones de orientación y ganancias internas en los límites permitidos de la transmisividad solar de los huecos y sus elementos de sombreado (factor solar modificado en la nomenclatura CTE)

El planteamiento de valorar energéticamente el edificio a partir de sus coeficientes de transferencia (coeficiente-U) en régimen estacionario es contradictorio con el comportamiento real del edificio con efectos inerciales, donde por ejemplo la correcta gestión de la energía solar absorbida por los muros puede proporcionar un coeficiente de transferencia efectivo estacional muy inferior al coeficiente-U estacionario.

Respecto a los aportes solares, la opción simplificada del CTE sólo incorpora algunas limitaciones de su efecto negativo en la temporada de refrigeración, sin tener en cuenta su efecto positivo en la temporada de calefacción (ni a través de huecos ni en cerramientos opacos). De hecho, incluso en condiciones estacionarias, el coeficiente-U de un edificio que según el método de evaluación propuesto en el CTE no cumpla con el valor límite ($U > U_{lim} > 0$), puede ser tal que considerando la radiación solar llegue incluso a ser negativo (ganancia solar).

La valoración energética de un edificio a partir de los valores de su coeficiente-U definidas respecto a las temperaturas del ambiente interior y exterior como en el CTE³⁷ no representa correctamente los procesos físicos que tienen lugar en el edificio incluso bajo condiciones estacionarias. En concreto, son dos los fenómenos físicos que resultan incorrectamente formulados mediante este tratamiento: La irradiación solar y el intercambio radiativo infrarrojo con el entorno.

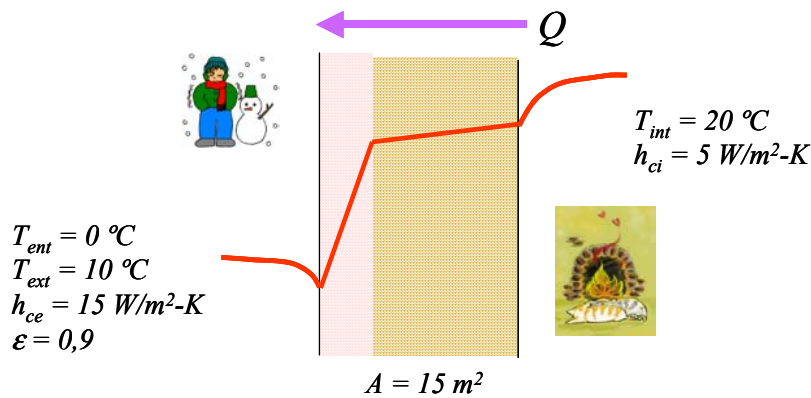
Para mostrar ilustrar lo anterior con un par de ejemplos:

Consideremos la transferencia de calor estacionaria en una pared vertical de 15 m² de superficie de un cerramiento constituido por 30 cm de ladrillo cerámico macizo y 5 cm de aislante. Las temperaturas del aire ambiente interior y exterior son de 20 °C y 10 °C, mientras la temperatura del entorno radiativo exterior (bóveda celeste) es de 0 °C.

En la Figura-34 mostramos los errores cometidos por el tratamiento incorrecto del intercambio infrarrojo. La potencia transmita al exterior según la metodología del CTE sería de 71 W, mientras que la solución correcta es de 87 W (error del 23 %). El coeficiente global de transferencia evaluado con la metodología del CTE sería 0,47 W/m²-K, mientras que el real es de 0,58 W/m²-K . Es más, el coeficiente de transferencia desde la pared exterior con la metodología del CTE es de 19,34 W/m²-K , mientras que en la realidad es de

³⁷ Tanto el CTE como la NBE CT 79 definen unos coeficientes efectivos de transferencia en el interior y exterior del edificio referidos a la temperatura del aire ambiente interior y exterior respectivamente y que incorporan los procesos de transferencia convectiva y radiativa IR. Este tratamiento sólo es correcto cuando las temperaturas del aire ambiente y del ambiente radiativo que rodea a la superficie considerada son iguales.

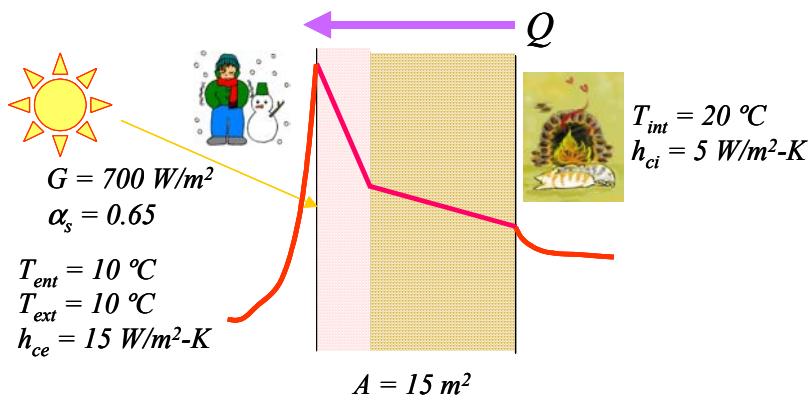
– 2,97 W/m²-K, es decir, ¡de signo contrario!. Esto es debido al hecho de que en esta situación la temperatura de la pared exterior es inferior a la del aire exterior, recibiendo por tanto energía por convección en lugar de perderla como asume la metodología del CTE.



	CTE	Real
h_e (W/m ² -K)	19,34	- 2,97
U (W/m ² -K)	0,47	0,58
Q (W)	71	87

Figura-34: Valoración de las pérdidas térmicas a través de un muro de 15 m² en régimen estacionario. Tratamiento del intercambio infrarrojo con el entorno. Comparación de la metodología del CTE y la resolución exacta.

En la Figura-35 mostramos los errores cometidos por el tratamiento incorrecto de la radiación solar. La potencia transmitida al exterior según la metodología del CTE sería de 71 W, mientras que la solución correcta es de - 89 W (error del 225 %), es decir, de signo contrario. Esto es debido a que la temperatura de la pared exterior sube por encima de la temperatura interior como consecuencia de la absorción solar. El coeficiente global de transferencia evaluado con la metodología del CTE sería 0,47 W/m²-K, mientras que el real es de - 0,59 W/m²-K (negativo por ser la transferencia realmente en sentido contrario). La temperatura de la pared exterior evaluada con la metodología del CTE es de 10,2 °C, mientras que realmente sería de 32,2 °C. El coeficiente de transferencia desde la pared exterior con la metodología del CTE es de 20,2 W/m²-K, mientras que en la realidad es de - 0,27 W/m²-K, es decir, de signo contrario a pesar de ser la temperatura de la pared exterior mayor que la del aire exterior por compensar el aporte solar las pérdidas convectivas.



	CTE	Real
h_e (W/m ² -K)	20,2	- 0,27
T_{pe} (°C)	10,2	32,2
U (W/m ² -K)	0,47	- 0,59
Q (W)	71	- 89

Figura-35: Valoración de las pérdidas térmicas a través de un muro de 15 m² en régimen estacionario. Tratamiento de la radiación solar. Comparación de la metodología del CTE y la resolución exacta.

Como podemos ver, no parece adecuado basar la valoración energética del edificio en metodologías como la del coeficiente-U de la opción simplificada del CTE que se deja fuera procesos físicos fundamentales en la respuesta energética del edificio, y que conduce a valoraciones energéticas incluso con signo contrario de las reales.

Por otro lado, en el CTE desaparece la diferenciación de las exigencias legislativas con el factor de forma del edificio, que si estaba presente, aunque de forma insuficiente en la NBE CT79. Por tanto, dos edificios con los mismos valores del coeficiente-U y la misma área útil, cumpliendo ambos el CTE, pero con factores de forma distintos, presentarán valores distintos de su consumo energético (kW.h/m²-año y kW.h/año). Esta situación, presente tanto en la opción simplificada como en la general, carece de sentido al eliminar una variable de diseño del edificio tan importante desde el punto de vista energético como es el factor de forma, y conducir en la práctica a unos valores del consumo energético de los edificios totalmente incontrolados a pesar de cumplir la legislación.

Opción general:

La anteriormente denominada opción prestacional.

En esta opción, la demanda energética del edificio para calefactar y refrigerar se evalúa mediante simulación dinámica de su comportamiento. La simulación dinámica se extiende a las temporadas de calefacción (diciembre-enero-febrero) y refrigeración (junio-julio-agosto-septiembre) establecidas en el CTE, empleando unos archivos meteorológicos que describan la variación característica de las variables climáticas en estos periodos de tiempo.

Sin embargo, en esta opción la 'eficiencia energética' no se mide mediante el consumo del edificio ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$) sino por la comparación con un edificio de referencia cuya configuración es aproximadamente la del edificio en estudio (edificio objeto), pero implementando soluciones constructivas que se ajusten a los valores límite especificados en la opción simplificada. Por tanto, el edificio de referencia no es una referencia fija sino variable con el edificio objeto. Es decir, cada edificio se compara con una referencia distinta de cara a justificar el cumplimiento del CTE.

La única exigencia del CTE en su opción general es que el edificio objeto presente una menor demanda energética de climatización en las temporadas de calefacción y refrigeración que el edificio de referencia correspondiente.

Por tanto, dos edificios con idéntica área útil pero distinta forma en un mismo emplazamiento pueden estar ambos cumpliendo la exigencia del CTE a pesar de presentar consumos completamente distintos, lo cual no parece adecuado por mandar la señal errónea al diseñador como ya hemos comentado anteriormente.

Además los requerimientos del CTE quedan limitados a la etapa de diseño del edificio, sin ninguna inspección / medición que valore el consumo energético real del edificio recién construido o a lo largo de su vida útil.

El CTE propone una herramienta de cálculo 'oficial' para implementar la opción general: El programa LIDER (Limitación de la Demanda Energética)³⁸. En principio, el CTE deja abierta la posibilidad de que se empleen otras herramientas de cálculo (métodos de cálculo alternativos), habiendo aligerado en su redacción respecto al primer proyecto los requerimientos para que una herramienta de cálculo pueda ser aceptada para mostrar el cumplimiento de la opción general del CTE. Sin embargo, esta opción queda tan indefinida³⁹ que parece difícil que se puedan incorporar con suficiente fluidez herramientas de cálculo alternativas al LIDER a pesar de que tengan una capacidad y precisión de modelado considerablemente superiores a éste.

³⁸ Desarrollado es profesos para el CTE. Posteriormente comentaremos las peculiaridades de este programa de cálculo.

³⁹ Literalmente: 'Con el fin de que cualquier programa de cálculo pueda ser aceptado como procedimiento válido para cumplimentar la opción general, éste debe ser validado con el procedimiento que se establezca para su reconocimiento.'

Respecto a los datos climáticos de partida para realizar la simulación dinámica del edificio, dentro del propio LIDER vienen unos datos climáticos para distintas localidades de España. Es importante resaltar la importancia de estos datos climáticos en los resultados de cualquier simulación energética, por lo que es fundamental que se disponga de unos datos climáticos 'oficiales' de acceso público para que cualquier simulación energética del edificio parta de unas condiciones de contorno comunes. De lo contrario es imposible comparar los resultados de dos simulaciones distintas sobre un mismo edificio. Le corresponde a la administración proporcionar esta información climática 'oficial' y es responsabilidad suya que sea de la mejor calidad posible.

Son múltiples los fondos públicos (nacionales y europeos) que se han dedicado a la caracterización de las variables climáticas, por lo que esta información climática tendría que haber estado disponible y de libre acceso hace mucho tiempo (al igual que sucede en EEUU y otros países). Sin embargo, en España esta información todavía no está disponible, por lo que la gente que realiza simulaciones dinámicas de edificios o de otros sistemas energéticos (fundamentalmente de energías renovables⁴⁰) debe proceder a generar sus propios años meteorológicos tipo, con las consecuencias que ello tiene a la hora de contrastar los resultados obtenidos.

Ahora, con motivo del desarrollo de los programas LIDER y CALENER, la administración finalmente ha abordado la tarea de generar información meteorológica 'oficial' para dar unas bases comunes a la simulación energética. Sin embargo el proceso seguido presenta carencias significativas que hacen que en la práctica se siga sin tener cubierta esta carencia a pesar de los recursos dedicados:

- La información meteorológica que se ha generado parece no abarcar un año completo, sino tan solo las temporadas de calefacción (diciembre-enero-febrero) y refrigeración (junio-julio-agosto-septiembre) que el CTE ha decidido emplear como representativas para verificar el cumplimiento con la legislación. El análisis energético de un edificio requiere completar el análisis a lo largo de todo el año, por lo que la restricción temporal artificialmente introducida en el CTE priva inútilmente de la generalidad requerida al proceso y herramientas de análisis.
- La información meteorológica elaborada no corresponde a medidas históricas en el emplazamiento, sino que es información climática sintética producida a partir de los valores medidos de las medias mensuales con el programa CLIMED 1.3 del INETI en Portugal. Después de tantos años de medida de variables meteorológicas en tantos emplazamientos de España, parecería más apropiado que la

⁴⁰ De especial relevancia son los análisis de instalaciones solares de baja temperatura ahora que están surgiendo ordenanzas solares por todo el territorio nacional. Si se pretende hacer una simulación más precisa de estos sistemas empleando una simulación dinámica, debe generarse un año meteorológico específico por la falta de información 'oficial'. Igualmente, para otras tecnologías renovables sería necesario disponer de esa información con carácter 'oficial', con el fin de proporcionar una base común para su análisis y propiciar su penetración: Centrales termosolares, energía eólica (grandes penetraciones en red), energía de las olas, ...

información meteorológica propuesta por la administración estuviera apoyada en medidas en lugar de sintetizada con correlaciones estadísticas, por lo menos la de los emplazamientos donde se disponga de suficientes medidas, con el fin de que la información meteorológica representara mejor la climatología local. Además, esta información meteorológica debería estar disponible en forma de por lo menos dos años meteorológicos en cada emplazamiento, un *año meteorológico tipo* representativo de las condiciones medias en el emplazamiento a lo largo de un periodo extendido (10 –20 años), y un *año meteorológico de diseño* representativo de las condiciones de una año crítico con probabilidad de aparecer durante ese periodo de tiempo.

- La información meteorológica generada no es de acceso público. En estas condiciones es imposible que se pueda implementar ningún método de cálculo alternativo, es decir, queda completamente cerrada la opción que el propio CTE plantea aún con todas sus indeterminaciones, o incluso que se pueda contrastar la calidad de la información meteorológica empleada. En la actualidad la información meteorológica está en forma de ficheros binarios inaccesibles dentro de los códigos de cálculo propuestos.

Posteriormente discutiremos esta opción con más detalle al comentar la herramienta informática (LIDER) en la que se debe apoyar la comprobación de esta opción.

7.2.2.1. El programa LIDER

El programa LIDER (limitación de la demanda energética) constituye el MOC (método oficial de cálculo), y por tanto, tal y como hemos comentado⁴¹, en la práctica el único método de cálculo, para la verificación del cumplimiento del CTE en su opción general (prestacional).

LIDER es una herramienta de simulación dinámica desarrollada en el marco del CTE que realiza la comparación de las demandas energéticas del edificio objeto y el edificio de referencia tanto en el régimen de calefacción como en el régimen de refrigeración definidos por el CTE. El programa LIDER no incluye los sistemas de climatización del edificio, limitándose al cálculo de la demanda energética del edificio sin tener en cuenta el impacto del mismo sobre el consumo de energía primaria de los equipos destinados a su climatización.

Ya de entrada se plantea como una herramienta de verificación de la normativa y no como una herramienta de análisis térmico de edificios. Esta distinción introducida por el CTE es artificial y a nuestro juicio contra productiva, pues en la práctica va a implicar que el proceso de verificación de la normativa no nos proporcionará una evaluación del consumo energético del edificio y no podrá emplearse en la etapa de diseño para cuantificar las decisiones con

⁴¹ No disponibilidad pública de años meteorológicos tipo, restricciones ‘administrativas’ sobre el uso de otros métodos de cálculo, indeterminación del proceso de validación de otros métodos de cálculo, ...

implicaciones energéticas. Por tanto, en lugar de potenciar la introducción del análisis energético dentro del proceso de diseño del edificio, lo que hace es alejarlo, pues los recursos invertidos en emplear el LIDER no estarán disponibles para incorporar una herramienta de simulación energética dentro del proceso. Una herramienta de análisis energético de edificios puede también ser empleada para verificar el cumplimiento de una normativa, de forma mucho más flexible y precisa que una herramienta específica que sólo valga para verificar la normativa, pero además la misma herramienta sirve para el proceso de certificación energética (en la propuesta de normativa española se debe emplear aún otra herramienta) y para fundamentar cuantificadamente las decisiones adoptadas en el diseño del edificio, lo cual permite optimizar los recursos.

El método de resolución de las ecuaciones en el programa LIDER es el de los factores de ponderación⁴² (funciones de transferencia), que no resulta apropiado para:

- Edificios con carácter multizonal acusado:
 - Distribución espacios bioclimática
 - Invernaderos, muros trombe, ...
- Ventilación natural⁴³
- Envolvente inteligente / activa⁴⁴
- Análisis preciso de la interacción del edificio con su equipo climatizador⁴⁵

Por tanto, las limitaciones del método le impedirán evolucionar hacia un código de cálculo capaz de incorporar los distintos aspectos necesarios para una correcta valoración energética de las distintas opciones constructivas y de sistemas.

Este método de resolución es estrictamente válido sólo para problemas lineales de coeficientes constantes, y en un edificio, el sistema no es lineal y las ecuaciones cambian con el tiempo. La formulación empleada en LIDER resuelve el problema linealizado con valores medios de los coeficientes del sistema de ecuaciones a lo largo del periodo de análisis energético.

Respecto al edificio de referencia empleado para juzgar el cumplimiento de la normativa:

- LIDER genera los cerramientos con estructura dada por soluciones prescriptivas y con el aislamiento dado para alcanzar los valores límite del coeficiente de transferencia (U_{lim}) fijados en la opción prescriptiva⁴⁶.

⁴² Para el edificio objeto emplea unos factores de ponderación específicamente calculados para el edificio en cuestión, mientras que para el edificio de referencia emplea factores de ponderación precalculados.

⁴³ No incluida en LIDER, donde la ventilación se evalúa a partir de valores prefijados de las renovaciones horarias.

⁴⁴ No posibilidad de valorar con LIDER

⁴⁵ LIDER no incorpora el análisis del equipo climatizador.

⁴⁶ Los U_{lim} no coinciden exactamente con los de la opción prescriptiva porque se derivan directamente de las correlaciones empleadas para generar éstos.

- Las fórmulas para los U_{lim} supuestamente se basan en la contribución a la demanda de los diversos elementos del edificio, y salen de correlaciones en función de grados día y radiación solar. Aparentemente son las correlaciones obtenidas en el marco de la CEV⁴⁷, que se obtuvieron a partir de simulaciones paramétricas con PASSPORT+ para edificios con configuración de 'vivienda de protección oficial', y que como comentaremos posteriormente al considerar la CEV generan resultados poco fiables.
- Estas expresiones para los U_{lim} supuestamente deberían ser incorporadas en cualquier método de cálculo alternativo (MCA) al LIDER para generar el edificio de referencia. Ni el fundamento ni la forma de aplicación de dichas expresiones están claramente expuestas en la documentación del LIDER, y de hecho son cuestionables. Esta exigencia en la práctica elimina la posibilidad de emplear MCA con potencia de cálculo considerablemente superior al LIDER, y teniendo en cuenta sus limitaciones y cuestionable validez como método de valoración energética no parece apropiado introducir restricciones a herramientas de cálculo que podrían realizar una valoración energética mucho más completa que el LIDER. Si en lugar del concepto del edificio de referencia la valoración energética se basara en la cuantificación del consumo energético ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$) desaparecerían gran parte de estas restricciones.
- El edificio de referencia se modifica respecto al objeto en los siguientes aspectos:
 - Pierde las zonas no habitadas (bajo cubierta y cámara de aire en suelo)
 - Sustituye contactos con terreno por cerramientos exteriores. Por tanto no incorpora los efectos inerciales del terreno, pero emplea un suelo con U_{lim} mientras que el suelo del edificio objeto en contacto con el terreno puede no ir aislado. En estas condiciones, la correcta comparación de actuaciones energéticas depende del modelado que se haga de los efectos inerciales. En LIDER el contacto con el terreno se modela mediante funciones de transferencia de un espesor de terreno de 1 metro.
- Las particiones interiores, tanto en edificio objeto como en el de referencia se colocan de forma automática, y por tanto no reflejan en la valoración energética una buena práctica en diseño y uso de la zonificación climática interior (que por otro lado no es correctamente evaluada por el método de resolución empleado).
- La generación del edificio de referencia puede conducir a comparaciones inadecuadas desde el punto de vista de valorar el comportamiento energético de la vivienda con miras a limitar su consumo energético:
 - La demanda energética del edificio de referencia no tiene porque representar la de una opción cumpliendo los límites de demanda energética a los que pretende aludir la opción prescriptiva del CTE:

⁴⁷ Calificación Energética de Viviendas

- Factores de ponderación precalculados que no se ajustan al edificio real
- Modificación de la configuración: Eliminación contactos suelo, ...
- En el caso de que haya más de un 60 % de huecos en una fachada, para la definición del edificio de referencia se aumenta el aislamiento de los muros para mantener la demanda por fachada calculada con una correlación que no es válida para estos porcentajes de hueco. Por tanto, realmente reduce la demanda por fachada respecto al límite del CTE (incremento en ganancia solar no considerada en correlación). Por tanto, el edificio de referencia mantiene las mismas ganancias solares que el edificio objeto pero con mayor aislamiento, de tal forma que en régimen de calefacción se comportará mejor que el edificio objeto aunque éste pudiera cumplir con el límite pretendido en demanda energética ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$).
- El edificio de referencia sustituye los suelos en contacto con el terreno con suelos en contacto con aire pero aislados con el U_{lim} de la opción prescriptiva. Puesto que ambos edificios (objeto y referencia) mantienen las mismas ganancias solares, el edificio de referencia puede tener un menor consumo que el edificio objeto (más o menos realista según el modelado que se haga del acoplamiento con el suelo), a pesar de que el edificio objeto mantuviera un consumo energético por debajo de un cierto valor límite ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$). Pero en cualquier caso, el edificio objeto, mediante su gestión inercial de los aportes solares, producirá menores sobrecalentamientos (no evaluados por LIDER) tanto en régimen de invierno como verano, proporcionando por tanto un mayor grado de confort, pudiendo llegar al caso de que la metodología de regulación propuesta descarte una solución mejor.

Merece la pena insistir en el caso de los edificios con grandes acristalamientos. En la actualidad ya es muy corriente encontrar edificios con más de un 60 % de área de huecos en una o más fachadas. Y estos edificios no están correctamente valorados desde el punto de vista de sus actuaciones energéticas en el CTE. Directamente excluidos de la opción prescriptiva dependen de su valoración con LIDER, que en muchos aspectos no tiene capacidad de realizar una correcta valoración energética de los mismos, tanto por no incorporar modelos que describan el comportamiento energético de algunos de sus elementos, como por la propia esencia del código, el método de los factores de ponderación, que es incapaz de incorporar los modelos necesarios:

- Dobles fachadas
- Protecciones solares activas
- Esquemas de ventilación y refrigeración pasivos
- Invernaderos, muros trombe, ...

Al no valorar las actuaciones del equipo climatizador, la valoración energética de LIDER también excluye configuraciones favorables del acoplamiento del sistema de climatización con el edificio, como sistemas radiantes de baja temperatura apoyados en una elevada inercia del edificio (menor potencia pico, mayor rendimiento estacional del sistema) que pueden además ser favorables para la introducción de sistemas activos basados en energías renovables.

El argumento de que la herramienta propuesta (LIDER) es temporal y se irá adaptando progresivamente a las necesidades constructivas no es válido para justificar sus incapacidades:

- Una vez aprobada la legislación es previsible que cueste mucho modificarla. Como referencia tenemos la vieja NBE CT 79, que lleva 25 años operativa a pesar de sus manifiestas limitaciones. En principio hubiera sido muy sencillo modificar los límites permitidos al coeficiente K_G para exigir unos mayores niveles de aislamiento.
- No tiene sentido en el 2005 echar a andar una legislación apoyada en una herramienta que presenta las limitaciones de las herramientas dinámicas de finales de los años 60 y más. La legislación debería arrancar con el estado del arte actual, o al menos permitir y potenciar su incorporación en el sector de la edificación. La herramienta adoptada (LIDER) carece de modelos para valorar energéticamente prácticas constructivas actuales.
- Estructuralmente, la formulación del problema térmico empleada (tanto en LIDER como en CALENER), es incapaz de incorporar con suficiente precisión muchos aspectos energéticos relevantes en el sector de la edificación actual, y por tanto nunca podrá adaptarse en este sentido constituyendo un callejón sin salida.

En la aproximación adoptada para seleccionar la herramienta de regulación energética (LIDER) quizás se ha optado por un planteamiento excesivamente académico, al decidir desarrollar desde cero un nuevo código de cálculo en lugar de adoptar códigos existentes con menos limitaciones. Desde el punto de vista académico puede tener interés el desarrollar un código de cálculo propio, e incluso puede presentar la ventaja de un mayor control por parte de los autores sobre el mismo, pero al mismo tiempo impone serias limitaciones respecto al uso de códigos de cálculo ya disponibles y aceptados, que desde nuestro punto de vista decantan claramente la balanza hacia potenciar el uso de estos códigos:

- Menor validación por tener muchos menos usuarios críticos que otros códigos más versátiles y aceptados.
- Impone limitaciones sobre los usuarios del código de cara a la integración laboral europea. Sería mucho más provechoso para los usuarios en el sector de la edificación incorporar un código de cálculo aceptado en el resto de Europa y del mundo, que proporcione información cuantitativa sobre las actuaciones energéticas del edificio, con capacidad para desarrollar análisis energéticos más generales y precisos.

- En la actualidad se dispone de herramientas de cálculo que superan los inconvenientes asociados a la formulación empleada para el LIDER, que tuvo sus orígenes hace 30 años como respuesta a las posibilidades de cálculo y modelado de entonces. Además, estas otras herramientas incorporan muchos más modelos de elementos y sistemas de los que se han podido incorporar en LIDER .
- Conduce a distintas herramientas para los procesos de regulación y certificación energética.
- Probablemente ha requerido mucho más esfuerzo técnico el desarrollar esta herramienta con sus limitaciones , que el adoptar una herramienta establecida y aceptada.
- Hay una excesiva dependencia para la actualización / mantenimiento de la herramienta en el grupo universitario que la ha desarrollado. Esto puede traer asociados inconvenientes desde el punto de vista de la aplicación de la herramienta:
 - Participación de una cantidad considerablemente menor de expertos en el desarrollo e implementación de modelos, en comparación con los que están involucrados con las herramientas internacionalmente aceptadas.
 - Limitaciones impuestas por los criterios del grupo desarrollador.
 - Limitaciones de plazos y disponibilidades.

7.2.3. Comparativa entre el CTE y la NBE CT79

Tanto la NBE CT 79 como el CTE introducen restricciones indirectas sobre la demanda de energía del edificio, y además, en cada caso se estructura la normativa entorno a un parámetro distinto, por lo que no es posible proceder a una comparación directa.

Tiene interés el comparar los límites establecidos por la nueva normativa (CTE) respecto a los de la normativa anterior (NBE CT 79), así mismo como con las normativas existentes en otros países.

Anteriormente para la NBE CT 79 tradujimos las restricciones sobre el coeficiente global de transferencia en los valores asociados de demanda energética ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$) tomando como punto de partida un método de cálculo acorde con la filosofía de la NBE CT 79, con lo que ya se podía establecer una comparación directa con las regulaciones y certificaciones energéticas en otros países de nuestro entorno.

En este punto vamos a proceder, en primer lugar a convertir las limitaciones establecidas por el CTE (referidas a los coeficientes de transferencia de componentes de la envolvente) a los valores correspondientes del parámetro empleado por la NBE CT 79 (K_G), de tal forma que podamos realizar una comparación directa entre ambas. Posteriormente, siguiendo el mismo

procedimiento y método de cálculo empleado para la NBE CT 79 pasaremos de los límites permitidos de K_G por el CTE a las correspondientes demandas energéticas ($\text{kW.h/m}^2\text{-año}$)⁴⁸.

La ausencia total de discriminación por compacidad del CTE, conduce a una situación todavía más desfavorable que la NBE CT 79 al proporcionar una $dK_G/df = 0$. Sin embargo, el CTE permite valores distintos de K_G a un edificio en un clima dado en función de la forma del edificio y distribución de huecos en el mismo.

Como punto de partida del análisis tomaremos una tipología de vivienda cúbica, cuyo factor de forma dependerá del tamaño. Así, para un lado del cubo de 24 m tenemos una vivienda con $f = 0,25 \text{ m}^{-1}$ que representa un bloque compacto de 10 pisos representativo de edificación en grandes urbes, para un lado del cubo de 12 m tenemos una vivienda con $f = 0,50 \text{ m}^{-1}$ que representa un bloque compacto de 5 pisos representativa de edificación en ciudades de tamaño medio, y para un lado del cubo de 6 m tenemos una vivienda con $f = 1 \text{ m}^{-1}$ que representa una vivienda unifamiliar de 2 plantas. En todos los casos vamos a suponer un porcentaje de huecos del 49 % en todas las orientaciones, valor que cae dentro de los límites permitidos por la opción prescriptiva del CTE.

La NBE CT79 introduce una zonificación climática dependiente exclusivamente de los grados día mensuales en base 15 °C. El CTE introduce una zonificación climática en función de las severidades climáticas de invierno y verano, que a su vez dependen de los grados día mensuales medios estacionales en base 20 °C y de la irradiación solar mensual media estacional. Además, los grados día del CTE los grados día se calculan en base horaria⁴⁹, mientras para la NBE directamente en base diaria.

Todo esto conduce a que las zonificaciones climáticas de invierno de la NBE CT 79 y del CTE no coincidan completamente. Sin embargo, puesto que la zonificación climática de invierno del CTE incluye una variable más (irradiación solar) siempre será posible encontrar emplazamientos de la zonificación climática de la NBE CT 79 que tengan la misma calificación climática de invierno en ambas normativas. Por tanto, el efecto climático sobre la normativa lo vamos a evaluar en función de los grados día en base 15 con los límites

⁴⁸ Recordemos que el método para pasar de K_G a la demanda energética por transmisión es el método de los grados día en base 15 °C, acorde con el planteamiento de la NBE CT 79. A este resultado le añadimos pérdidas térmicas por renovación asumiendo una temperatura interior de 20 °C y un número de renovaciones horarias de $ACH = 0,9 \text{ ren/h}$ acorde con los valores del CTE (LIDER). Posteriormente, para comparar con consumos de energía primaria total, añadimos un rendimiento estacional medio de la caldera (80 %), y unos consumo primarios tipo de ACS ($30 \text{ kW.h/m}^2\text{-año}$) e iluminación ($12 \text{ kW.h/m}^2\text{-año}$)

⁴⁹ Debemos resaltar que así como en la NBE CT 79 aparece una fuente donde encontrar los grados día de distintas ciudades en los que se basa su zonificación climática (Norma UNE 24.046), en el CTE no aparece relación alguna de los grados día que han servido para la zonificación climática de cada ciudad. Es más, al exigir que estos grados día se evalúen en base horaria, la clasificación climática del CTE está claramente basada en los datos climáticos de años meteorológicos tipo empaquetados en el LIDER, que no son de acceso público y que por tanto no pueden ser contrastados.

indicados por la NBE CT 79 para paso de una zona climática a otra. Por otro lado, para evaluar el efecto de la compacidad emplearemos ciudades tipo con sus zonificaciones climáticas correspondientes en la NBE CT 79 y el CTE.

En la Figura-36 mostramos los resultados de traducir los límites permitidos por el CTE en los coeficientes de transferencia de los distintos componentes de la envolvente para cada zona climática en los correspondientes valores de K_G para poder comparar directamente las restricciones del CTE con las de la NBE CT 79. Los resultados presentados son para el edificio tipo empleado (tipología cúbica con 49 % de huecos en fachadas), pero son independientes del factor de forma del edificio (su tamaño para una tipología dada). Al comparar estos resultados con los de la Figura-23 correspondientes a los límites permitidos por la NBE CT 79, vemos cómo sólo para $f > 0,5$ resulta más exigente la limitación del CTE que la de la NBE CT 79, mientras que para factores de forma por debajo de este valor la NBE CT 79 es, incluso a nivel de K_G , bastante más exigente que el CTE.

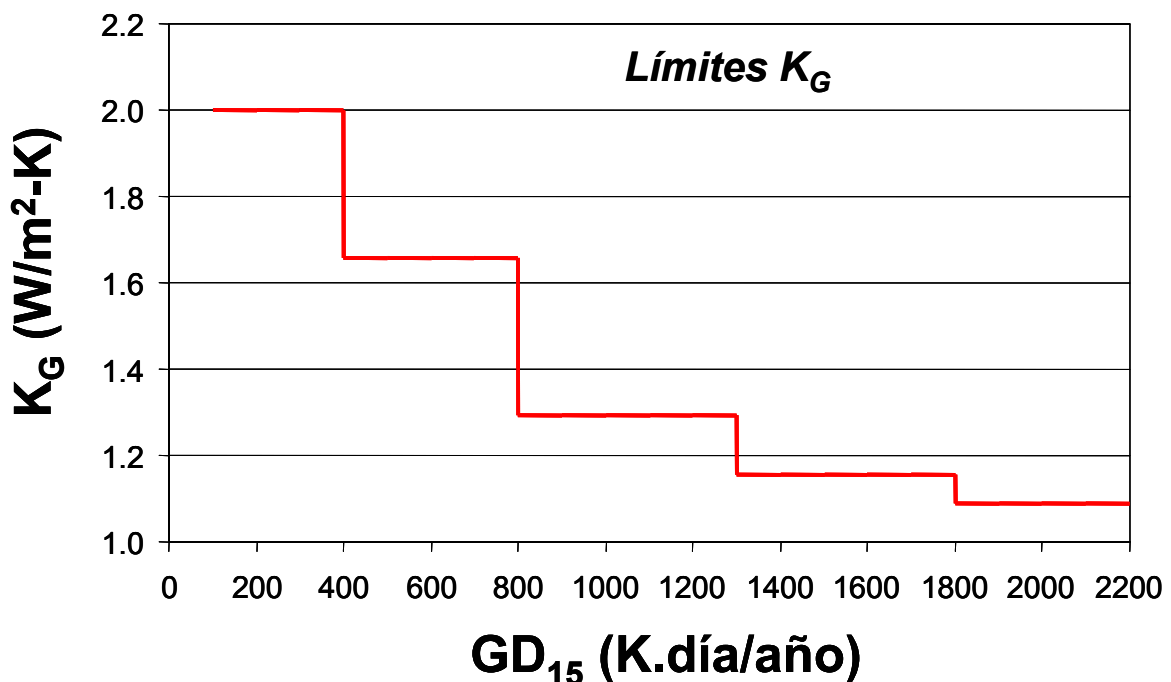


Figura-36: Límites permitidos del K_G según la opción prescriptiva del CTE para el edificio tipo (cúbico con 49 % huecos en fachadas) analizado y en función del emplazamiento climático evaluado por sus grados día de calefacción en base 15 °C, con el fin de poder comparar con la NBE CT79.

En la Figura-37 mostramos el límite de demanda energética del edificio por transmisión permitida por el CTE al evaluar dicha demanda mediante la misma metodología que para la NBE CT 79 a fin de que los resultados puedan compararse directamente⁵⁰. Como vemos, cualitativamente se presenta la

⁵⁰ Notar que en caso de emplear otro método de cálculo de la demanda a partir de los coeficientes de transferencia permitidos por las respectivas normativas, como podría ser una simulación dinámica de los

misma situación que en el caso de la NBE CT 79, esto es, que la demanda permitida por la normativa crece con la severidad climática del emplazamiento y con el factor de forma del edificio, pero con el agravante de que en el CTE el crecimiento con el factor de forma es más rápido que con la NBE CT 79 por la ausencia de discriminación a nivel de los coeficientes de transferencia. Por otro lado, excepto para factores de forma muy pequeños⁵¹ ($f = 0,25$), podemos ver cómo el CTE permite una demanda energética superior a la de la NBE CT 79, por lo que la nueva normativa no representa ningún adelanto sino más bien todo lo contrario al permitir un mayor nivel de consumo del parque edificatorio.

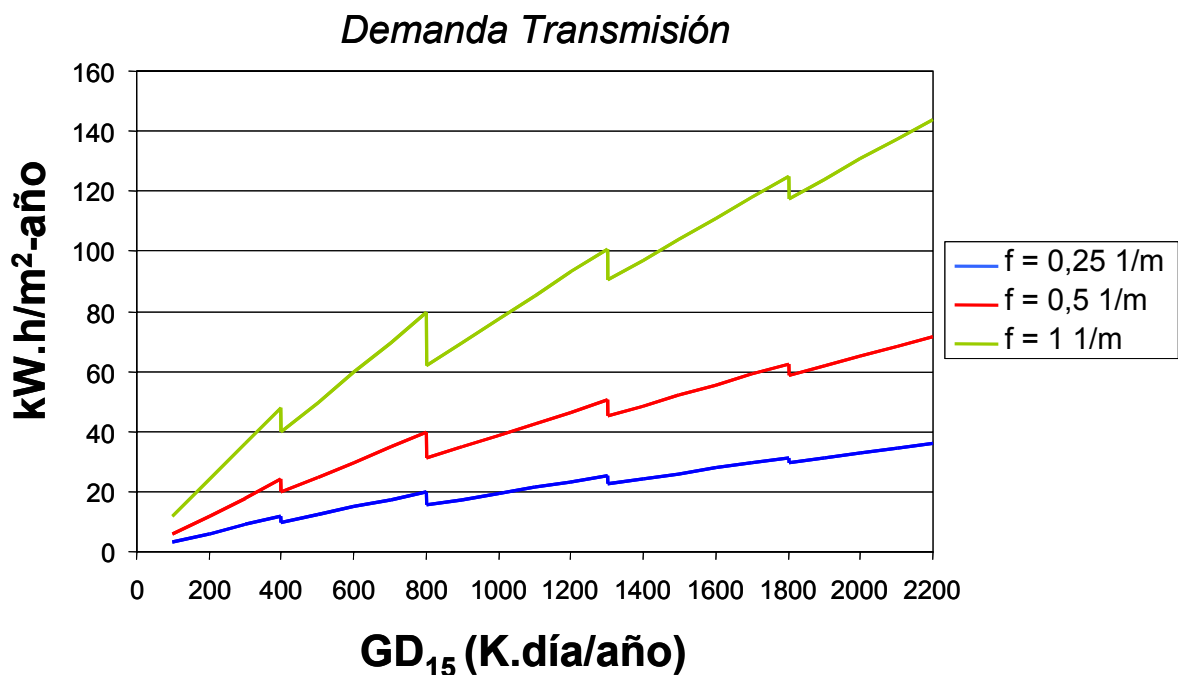


Figura-37: Demanda de transmisión permitida por el CTE en función del emplazamiento climático y de la compacidad del edificio. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

En la Figura-38 añadimos el consumo energético por renovación de aire (ventilación e infiltración) y un rendimiento estacional medio de la caldera para obtener el consumo de energía primaria permitido por el CTE en función del emplazamiento climático y para los tres factores de forma considerados. Como podemos ver, los consumos de energía primaria permitidos por las limitaciones introducidas por el CTE son muy elevados, llegando a sobrepasar los 250 kW.h/m²-año para una vivienda unifamiliar aislada. Una vez más, debemos mirar estos valores en perspectiva con los valores permitidos en otros países

edificios, los valores absolutos de las demandas diferirían por el cambio en el método de cálculo, pero en valor relativo las diferencias entre las exigencias de la NBE CT 79 y las del CTE se mantendrían, puesto que ambas están imponiendo exigencias al mismo nivel: coeficientes de transferencia en régimen estacionario.

⁵¹ Debemos resaltar que si bien con la tipología de vivienda cúbica el factor de forma $f = 0,25$ corresponde a un edificio de 10 plantas, en realidad los bloques de pisos de las grandes urbes son más esbeltos que la configuración cúbica o bien disponen de un patio interior, por lo que para un bloque de pisos de 10 plantas tendremos $f > 0,25$.

comunitarios con los cuales deberíamos hacer converger nuestra normativa. Así, por ejemplo en Alemania, país de mayor severidad climática de invierno que el nuestro, la normativa del año 1995 ya limitaba este consumo en 100 kW.h/m²-año, mientras que la certificación energética Passiv Haus establece el límite en 15 kW.h/m²-año.

Por otro lado, tal y como ya comentamos anteriormente, ninguna de las dos discriminaciones introducidas por la normativa, la climática y la de compacidad parecen adecuadas si el objetivo es limitar el consumo energético. En cuanto a la discriminación climática, al introducir en el requerimiento la demanda energética de refrigeración bastaría con introducir un valor único del consumo de energía primaria permitido. En cuanto a la discriminación por compacidad, la situación propiciada por el CTE, en lugar de potenciar diseños energéticamente eficientes, potencia el establecimiento de los menos eficientes⁵².

Consumo calefacción y renovación permitido: CTE

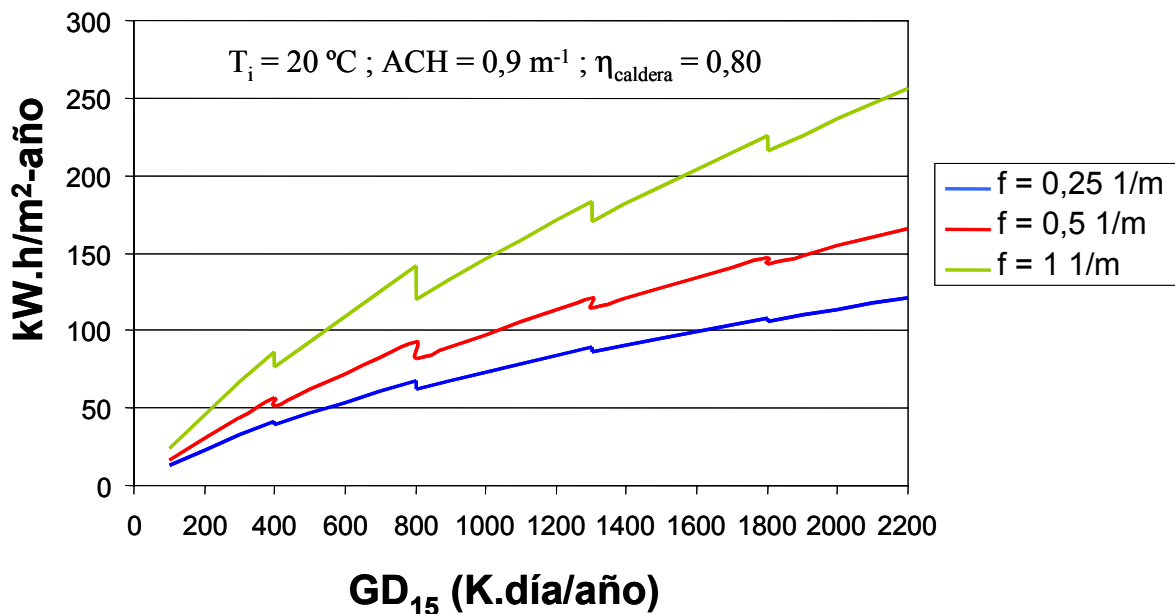


Figura-38: Consumo de energía primaria para calefacción (transmisión y renovación) permitido por el CTE en función del emplazamiento climático y de la compacidad del edificio. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

En la Figura-39 hemos añadido a los niveles de consumo de calefacción anteriormente evaluados una estimación de los consumos primarios para ACS (30 kW.h/m²-año) e iluminación (12 kW.h/m²-año) acorde con las empleadas en el proyecto europeo PREDAC, con el fin de poder comparar los consumos

⁵² Como ya comentamos esto es rigurosamente cierto para viviendas con la misma superficie útil. Al tratar viviendas de tamaño muy dispar (bloque de viviendas frente vivienda unifamiliar) podría introducirse una discriminación por tamaño para realizar un tratamiento equitativo. Pero desde nuestro punto de vista esta sería una corrección de segundo orden frente a la imperiosa necesidad de eliminar la discriminación negativa actualmente vigente.

primarios totales (excluyendo refrigeración en nuestro caso) con los de otros países europeos.

Consumo total permitido: CTE

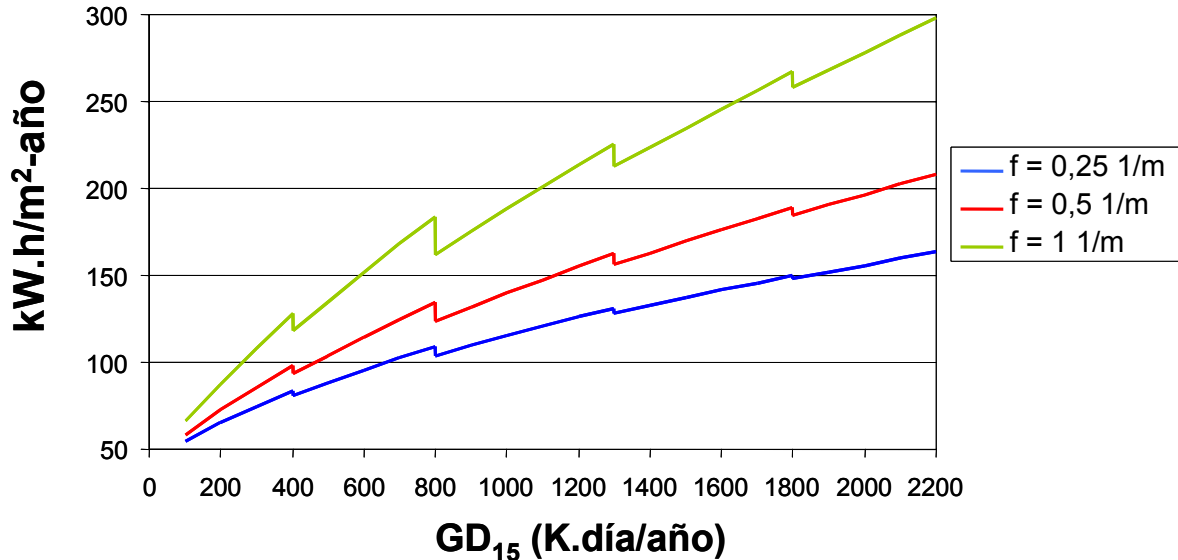


Figura-39: Consumo de energía primaria total (calefacción+ACS+iluminación) permitido por el CTE en función del emplazamiento climático y de la compacidad del edificio. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

A fin de facilitar la comparación directa entre los límites sobre la demanda energética impuestos por la normativa saliente (NBE CT 79) y la entrante (CTE) en nuestro país, en los siguientes gráficos mostramos el incremento porcentual al pasar de la NBE CT 79 al CTE en función de la severidad climática del emplazamiento. En la Figura-40 mostramos el incremento porcentual en el límite permitido del K_G , que coincide con el incremento porcentual en la demanda de calefacción por transmisión permitida. Es de destacar la discontinuidad en la zona climática B (de 400 a 800 grados-día anuales en base 15), donde la permisividad del CTE es extrañamente superior a la de las otras zonas climáticas. Sólo para viviendas con factor de forma extremadamente bajo ($f = 0,25$) representa el CTE una mejora en cuanto a la exigencia energética. En los demás casos, el CTE representa una significativa reducción del nivel de exigencia, lo cual parece carecer totalmente de sentido. Así, para $f = 0,5 \text{ m}^{-1}$, el CTE representa un incremento entre el 10 % y el 23 % sobre la demanda permitida, mientras que para $f = 1 \text{ m}^{-1}$, representativo de una vivienda unifamiliar aislada, el CTE representa un incremento entre el 36 % y el 53 % en la permisividad de demanda energética.

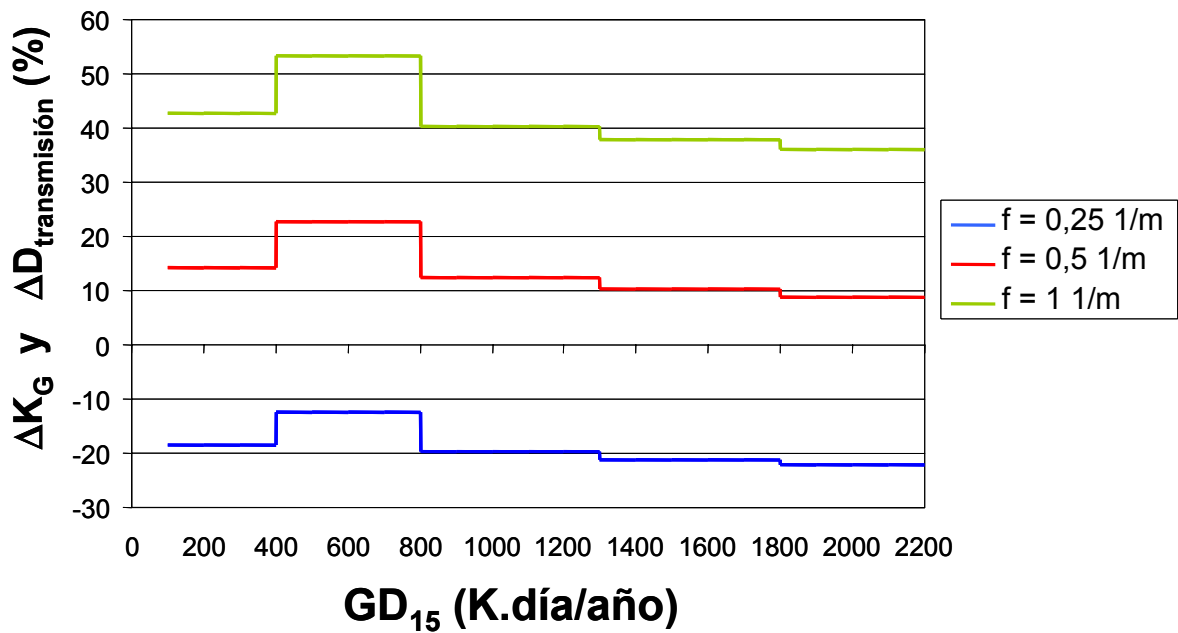


Figura-40: Incremento porcentual en el límite permitido del K_G , que coincide con el incremento porcentual en la demanda de calefacción por transmisión permitida, al pasar de la normativa actual (NBE CT79) a la normativa entrante (CTE), en función del emplazamiento climático y para tres factores de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

En la Figura-41 mostramos el incremento porcentual de consumo primario permitido de calefacción (transmisión + renovación) al pasar de la NBE CT 79 al CTE. En la Figura-42 mostramos el incremento de consumo primario total al añadir el consumo para ACS y de iluminación. Son aplicables las conclusiones anteriores.

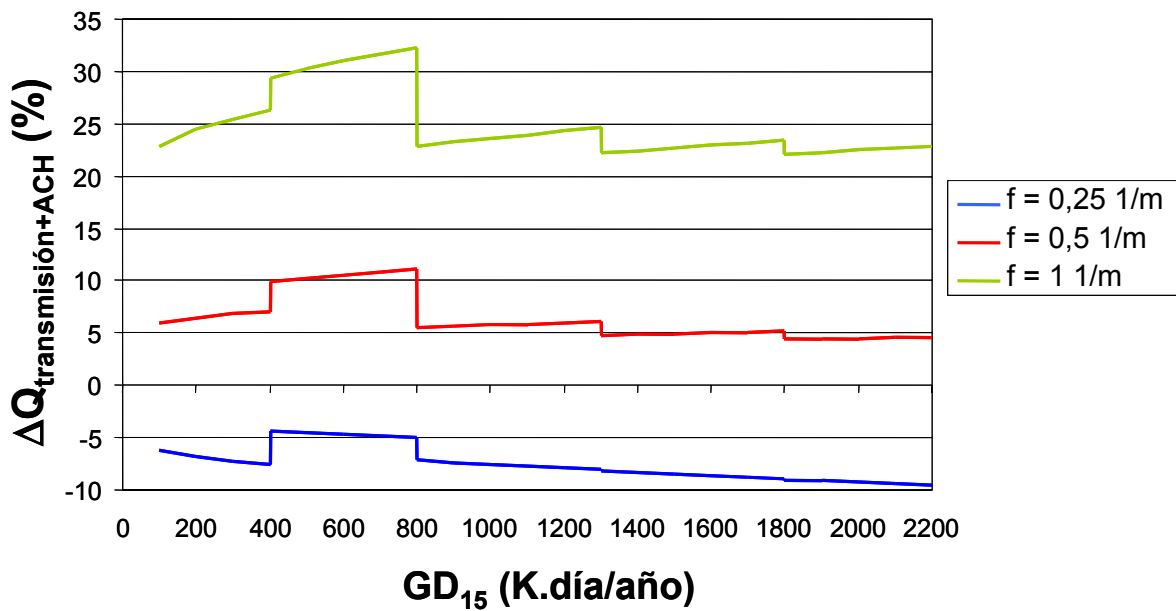


Figura-41: Incremento porcentual en el límite permitido del consumo de energía primaria para calefacción (transmisión + renovación), al pasar de la normativa actual (NBE CT79) a la normativa entrante (CTE), en función del emplazamiento climático y para tres factores de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

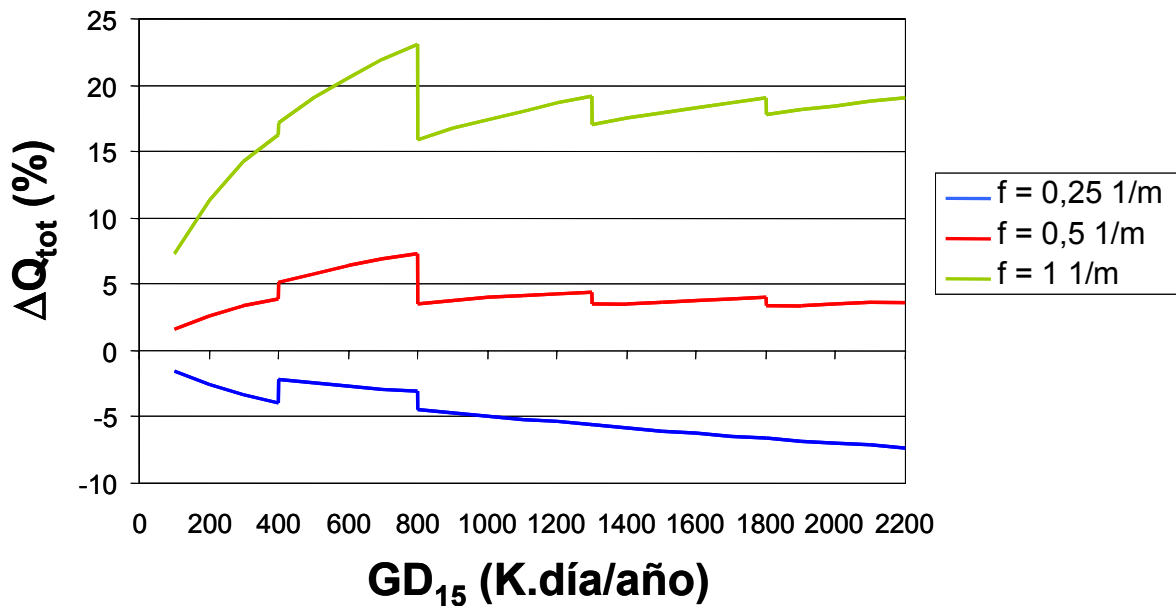


Figura-42: Incremento porcentual en el límite permitido del consumo de energía primaria total (calefacción + ACS + iluminación), al pasar de la normativa actual (NBE CT79) a la normativa entrante (CTE), en función del emplazamiento climático y para tres factores de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

Pasamos a continuación a cuantificar con más detalle los efectos de la ausencia de discriminación por compacidad en el CTE. Para ello hemos procedido a evaluar los coeficientes globales de transferencia, demandas energéticas y consumos energéticos en función del factor de forma para

distintos emplazamientos climáticos. En este caso, para centrar más los resultados, la información climática la mostramos mediante la elección de ciertas ciudades, cuya zonificación climática (y por tanto límites permitidos en los coeficientes de transferencia) puede diferir de la NBE CT 79 al CTE.

En la Figura-43 mostramos la variación del coeficiente K_G límite permitido tanto por la NBE CT 79 como por el CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. Como ya hemos comentado, en el caso del CTE (no así para la NBE CT 79) los resultados dependen de la tipología de vivienda y del porcentaje de huecos en las fachadas. Por tanto, para generar los resultados mostrados hemos adoptado una tipología de vivienda cúbica con el 49 % de huecos en fachada. Como podemos ver, en general, para $K_G > 0,4 \text{ m}^{-1}$, el CTE permite un mayor coeficiente K_G que la NBE CT 79. Es de resaltar que la gran mayoría de edificios tienen un $K_G > 0,4 \text{ m}^{-1}$, por lo que podemos afirmar que el CTE no representa mejora alguna respecto a la NBE CT 79 en cuanto a los niveles de demanda energética para calefactar. En emplazamientos donde hay un cambio de zonificación climática al pasar de la NBE CT 79 al CTE, como en Barcelona, que pasa de la zona B a la zona C2, la introducción del CTE no resulta tan desfavorable, pero para $f > 0,6 \text{ m}^{-1}$ sigue siendo peor que la NBE CT79.

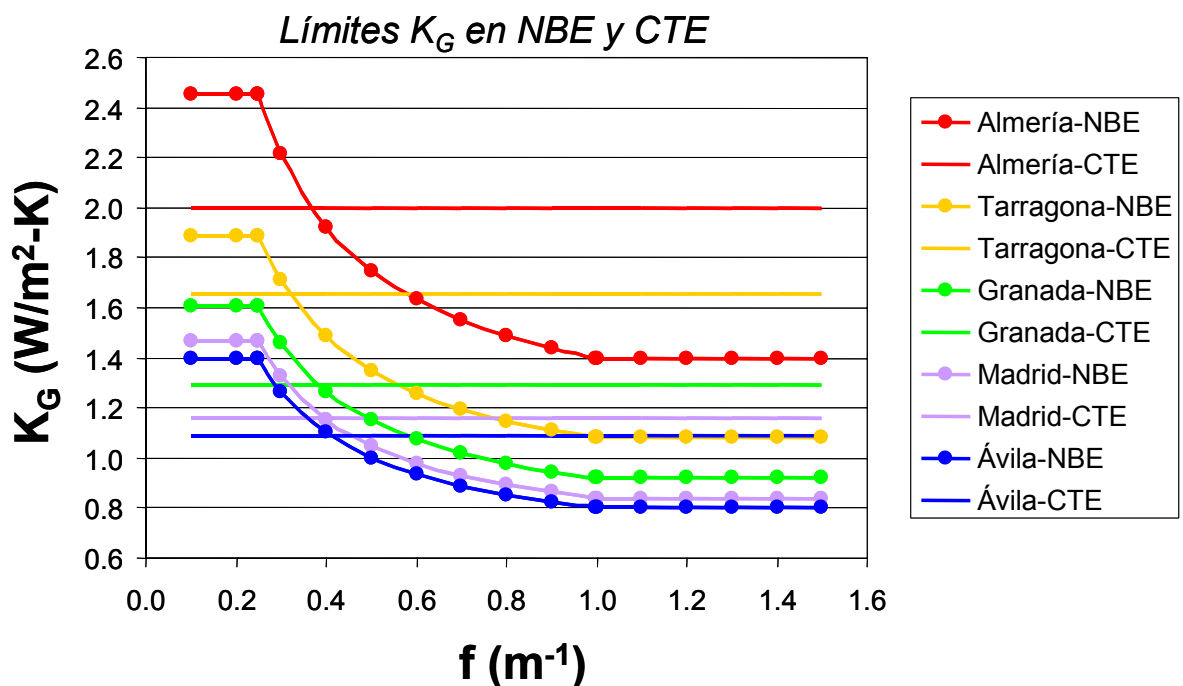


Figura-43: Variación del coeficiente K_G límite permitido tanto por la NBE CT 79 como por el CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

En la Figura-44 mostramos el efecto del factor de forma en los límites de demanda energética por transmisión permitida por el CTE. Se observa una dependencia lineal de la demanda permitida con el factor de forma al haber eliminado cualquier discriminación por compactidad en los límites de coeficientes de transferencia permitidos.

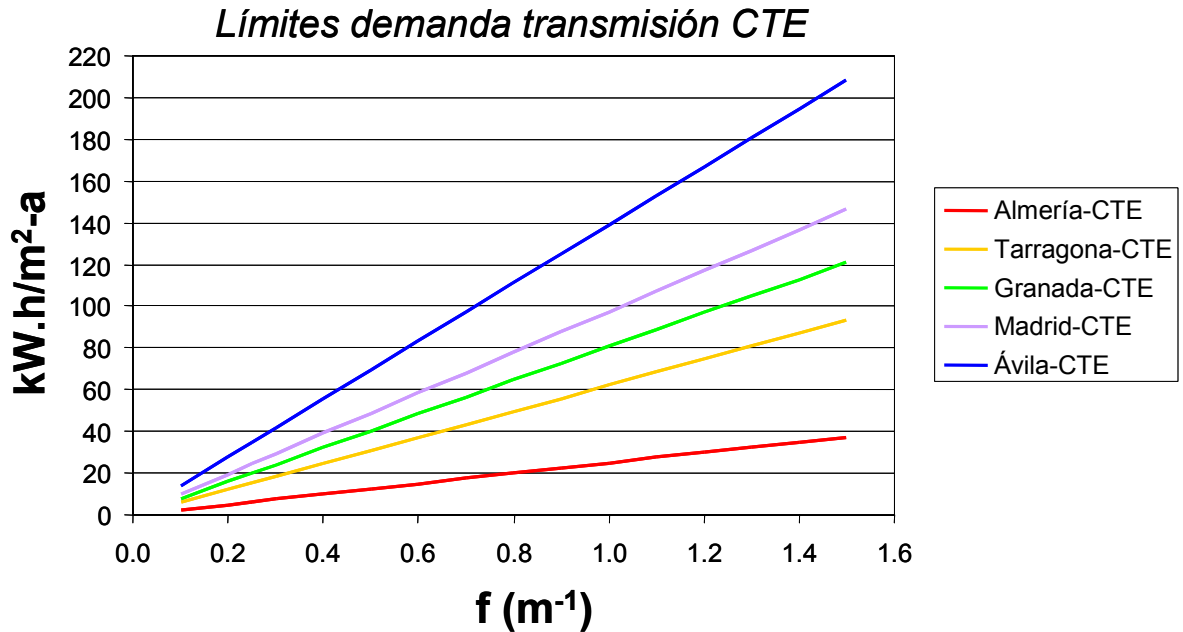


Figura-44: Efecto del factor de forma en los límites de demanda energética por transmisión permitida por el CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

En la Figura-45 mostramos el efecto del factor de forma en los límites de consumo de energía primaria para calefacción (transmisión + renovación) permitidos por el CTE. Como vemos, para emplazamientos de elevada severidad climática en nuestro país y al implementar viviendas con elevado factor de forma, se puede llegar a consumos energético permitidos por el CTE del orden de 350 kW.h/m²-año, una auténtica barbaridad al compararlo con los límites de las regulaciones energéticas en países con una severidad climática de invierno considerablemente superior (por ejemplo Alemania y Suecia ya tenían en 1995 limitaciones regulatorias de 100 kW.h/m²-año).

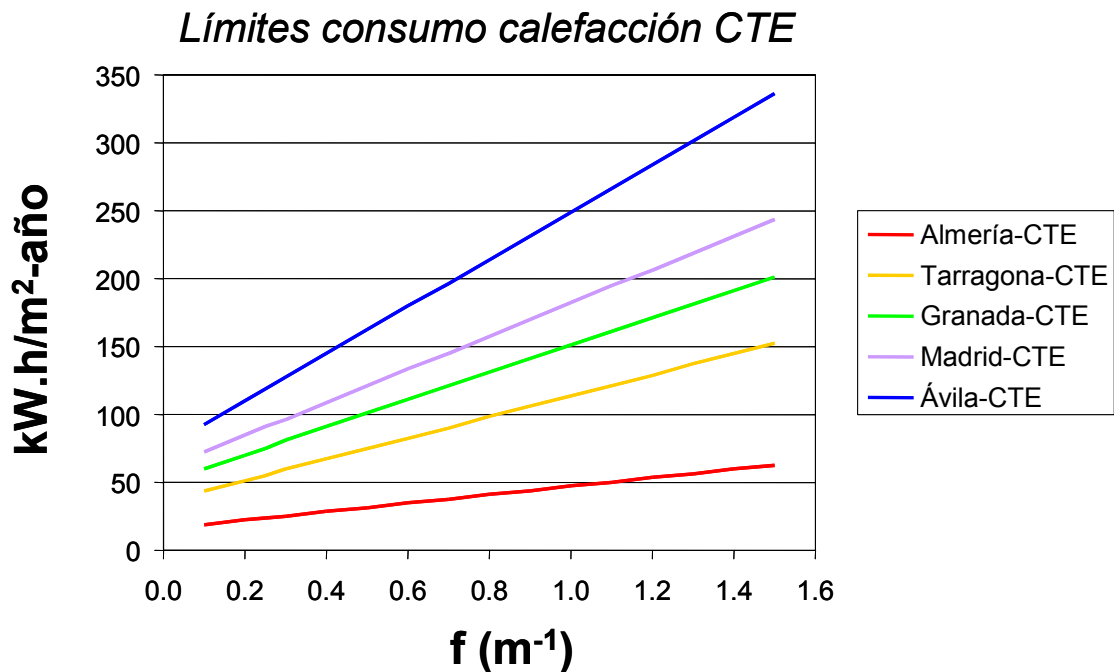


Figura-45: Efecto del factor de forma en los límites del consumo de energía primaria para calefacción (transmisión + renovación) permitidos por el CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

Finalmente, en la Figura-46 mostramos el efecto del factor de compacidad sobre los límites de consumo de energía primaria total (calefacción + ACS + Iluminación) permitidos por el CTE.

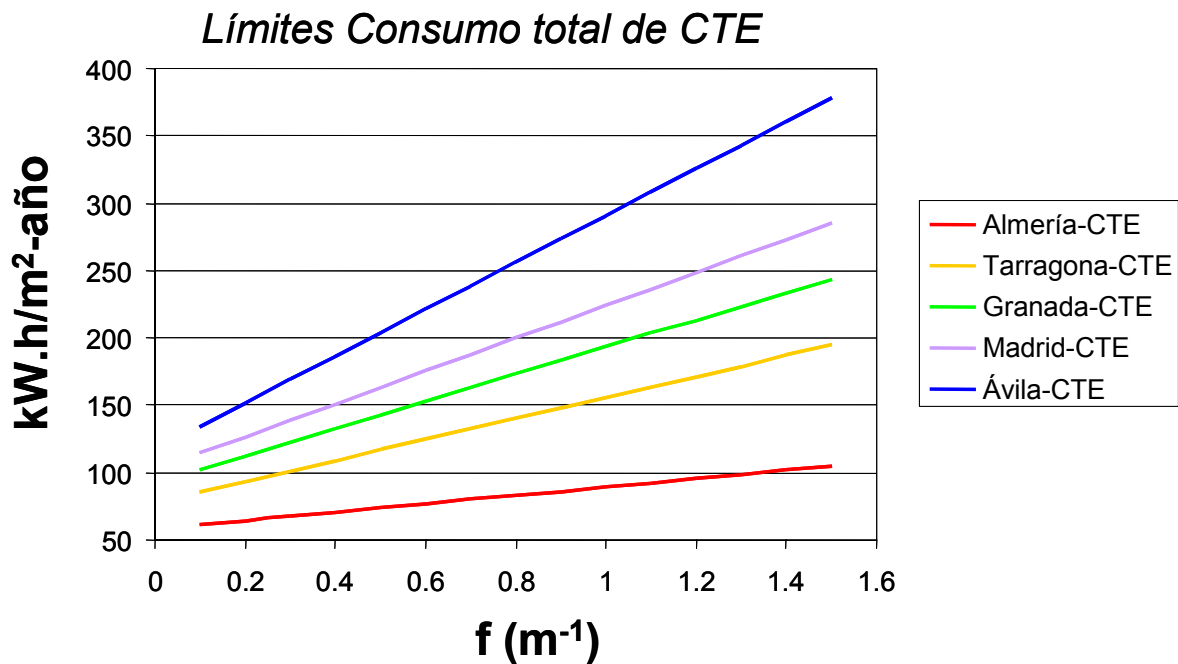


Figura-46: Efecto del factor de forma en los límites del consumo de energía primaria total (calefacción + ACS + Iluminación) permitidos por el CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

En las siguientes tres figuras, para facilitar la comparación entre las exigencias del CTE y la NBE CT 79, presentamos los incrementos porcentuales en demanda de calefacción por transmisión, consumo primario de calefacción y consumo primario total (calefacción + ACS + Iluminación) al pasar de la NBE CT 79 al CTE.

Incremento demanda transmisión al pasar de NBE a CTE

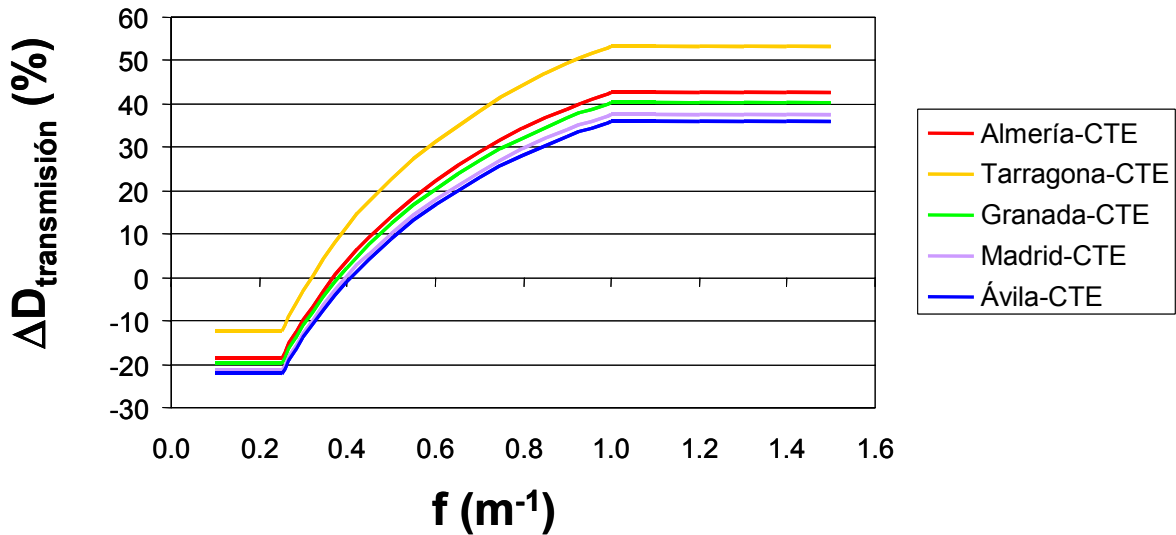


Figura-47: Efecto del factor de forma sobre el incremento relativo de los límites de demanda energética por transmisión permitida al pasar de la NBE CT 79 al CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

Incremento en consumo calefacción al pasar de NBE a CTE

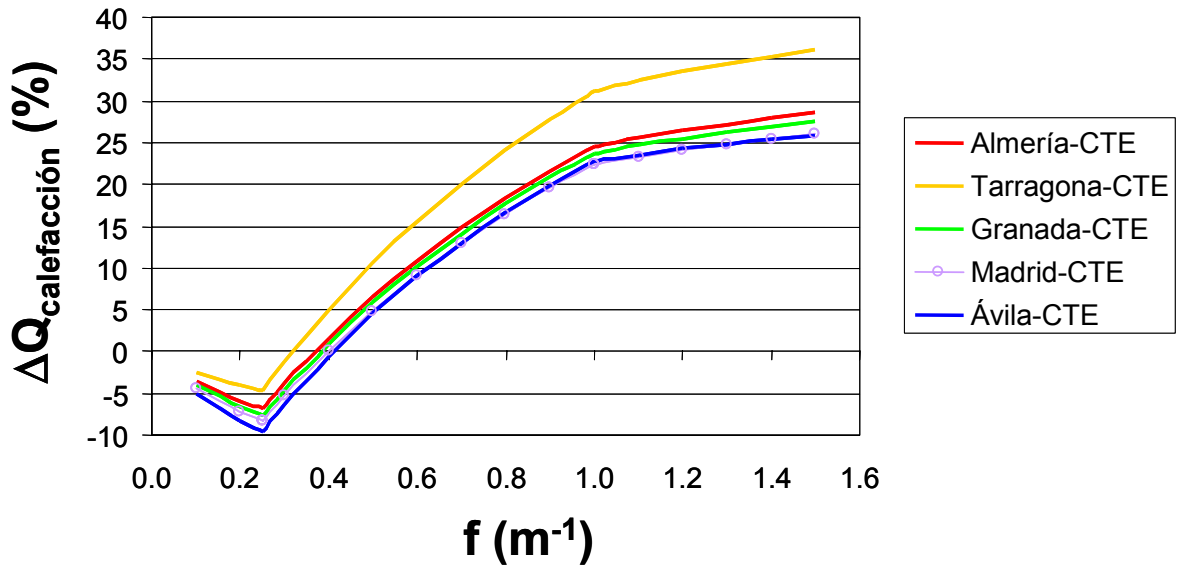


Figura-48: Efecto del factor de forma sobre el incremento relativo de los límites del consumo de energía primaria para calefacción (transmisión + renovación) permitidos al pasar de la NBE CT 79 al CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

Incremento de consumo total al pasar de NBE a CTE

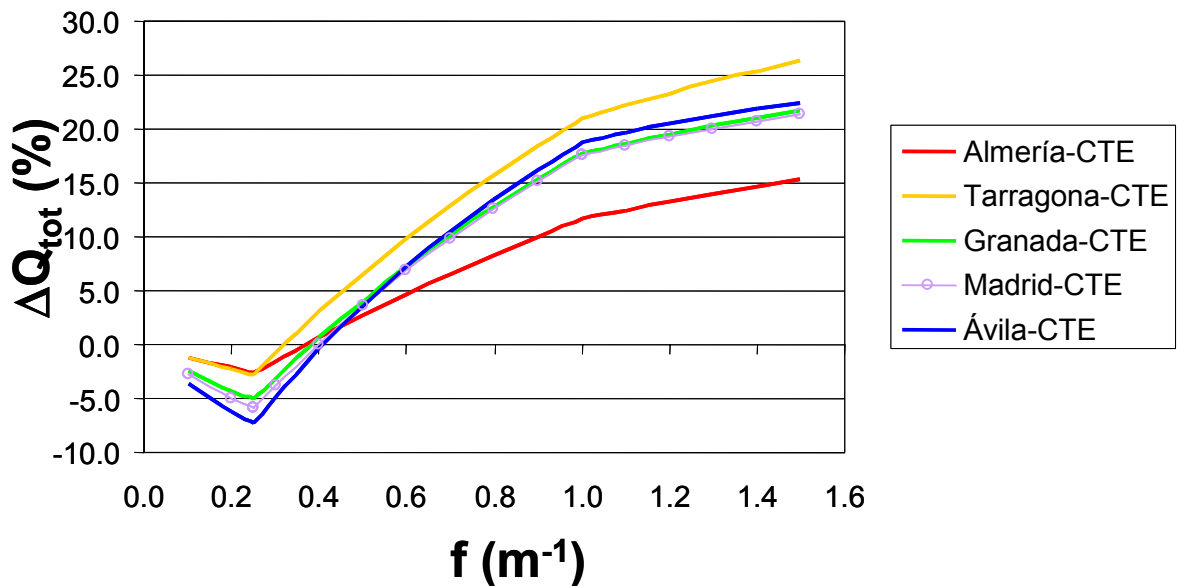


Figura-49: Efecto del factor de forma sobre el incremento relativo de los límites del consumo de energía primaria total (calefacción + ACS + Iluminación) permitidos al pasar de la NBE CT 79 al CTE en distintas ciudades españolas como función del factor de forma. El edificio empleado es en todos los casos de tipología cúbica con un 49 % de huecos en las fachadas.

8. La certificación energética de viviendas en España

Vamos a continuación a comentar las experiencias de certificación energética de viviendas en nuestro país a raíz de los requerimientos de la directiva 93/76/CE, que son dos (la Certificación Energética de Viviendas en el País Vasco y la Calificación Energética de Viviendas del Ministerio de Fomento para las viviendas de tipología octagonal), así como la reciente propuesta de certificación energética para viviendas nuevas (CALENER).

8.1. Experiencia pionera en el País Vasco

La Certificación Energética de Viviendas en el País Vasco es la experiencia pionera en España, implantada desde el mismo 1993 en que salió la directiva 93/76/CE, y de hecho el único proceso de certificación energética de viviendas que hasta la fecha ha tenido una implementación significativa.

Se trata de una certificación no obligatoria implantada desde 1993 destinada a los siguientes tipos de edificio:

- Residenciales: La gran mayoría
- No residenciales. Obligatorio para hoteles 3 o más estrellas desde 2001

En edificios residenciales, que es donde se ha extendido más el proceso de certificación en el País Vasco, la certificación incluye los consumos energéticos de calefacción y ACS.

El proceso de certificación se extiende tanto a la etapa de proyecto como a la ejecución de obra y comprobaciones a obra terminada. La certificación al visado del proyecto se basa en la simulación energética del edificio con un software propio (PEEV) de simulación energética cuasi-estacionaria. En base a los resultados se concede una *calificación provisional*. Posteriormente, durante la ejecución de la obra se realizan inspecciones para supervisar la disposición de los elementos constructivos, especialmente los aislamientos y puentes térmicos. Finalmente, a obra terminada se realizan una serie de ensayos (infiltraciones, transmisividad térmica de paredes y termografía) en base a cuyos resultados se repite la simulación energética para proporcionar la calificación definitiva. Adicionalmente se lleva a cabo una inspección de equipos y una comprobación del comportamiento energético de la peor vivienda de un inmueble (la calificación está pensada fundamentalmente para edificios de muchas viviendas).

Es de notar que se ha observado una diferencia de 2 a 3 puntos entre la calificación provisional y la definitiva siendo esta última menor. Esto puede servir de muestra de la divergencia entre lo proyectado y su implementación en obra: Es decir, el parque de viviendas actual cuyos proyectos han sido visados según al NBE CT 79, probablemente presentan un mayor nivel de consumo energético que el límite permitido por la NBE CT 79. Esto es así tanto por la divergencia entre lo proyectado y su implementación en obra, como, en el caso de la NBE CT 79 por el poco control asociado a la justificación del cumplimiento de la normativa.

En la Figura-50 mostramos esquemáticamente el procedimiento de certificación energética en el País Vasco para un edificio nuevo. Este certificación también es aplicable a edificios ya construidos, en cuyo caso el procedimiento queda reducido a la emisión del certificado definitivo previa realización de los ensayos e inspecciones y la correspondiente simulación con el PEEV. Los costes del proceso de certificación son del orden de 7200 € para una promoción de 130 viviendas (55 €/vivienda), pero pueden llegar a ser del orden de 2800 € para una vivienda unifamiliar de 250 m².

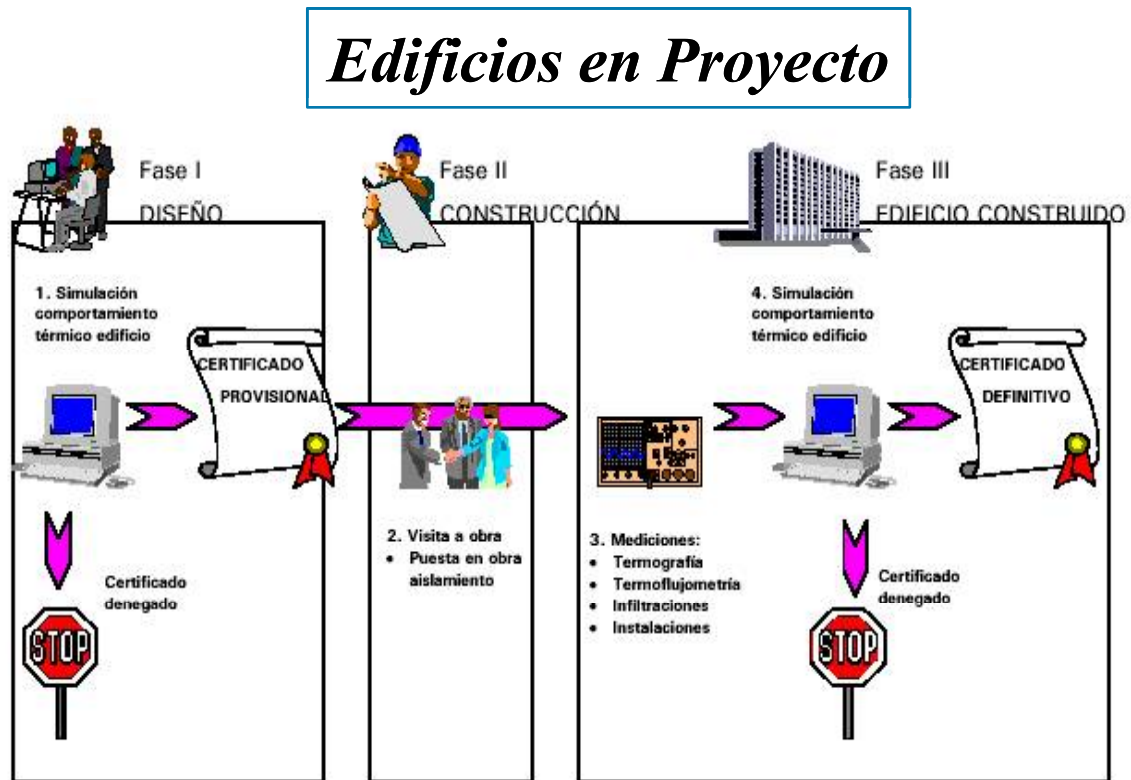


Figura-50: Procedimiento de certificación energética de edificios nuevos en el País Vasco. Ref.[3].

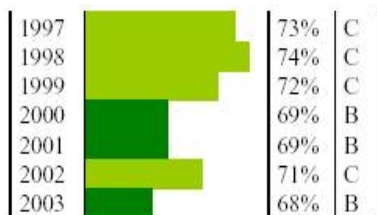
El indicador empleado en la certificación energética del país vasco es denominado coeficiente de consumo, que está definido como el cociente entre el consumo de energía primaria del edificio objeto dividido por el consumo de energía primaria del edificio de referencia. El edificio de energía primaria del edificio de referencia es el de una vivienda de igual geometría cumpliendo las limitaciones de la NBE CT 79, la normativa existente en el periodo de aplicación de esta certificación. La certificación se concede en una escala de letras como la de los electrodomésticos tal como la mostrada en la Figura-51. Pero sólo se concede el certificado a aquellos edificios con una reducción de consumo mínima del 20 % respecto a la referencia (NBE CT 79), esto es, sólo las categorías A , B y C pueden obtener certificado.



Figura-51: Escala de certificación energética del País Vasco. Ref.[3]

En la Figura-52 podemos ver la evolución de calificaciones energéticas anuales promedio, provisionales y definitivas, concedidas en los últimos años (desfase de provisional a definitivo del orden de 3 años). En las Figuras-53 y 54 mostramos la evolución del número de certificados emitidos desde el origen del programa de certificación, tanto provisionales como definitivos, así como la correspondiente evolución del número de viviendas certificadas.

Coefficientes consumo medios provisionales



Coefficientes consumo medios definitivos



Figura-52: Valor de las calificaciones energéticas promedio anual, provisionales y definitivas, emitidas en el País Vasco durante los últimos años. Ref.[4]

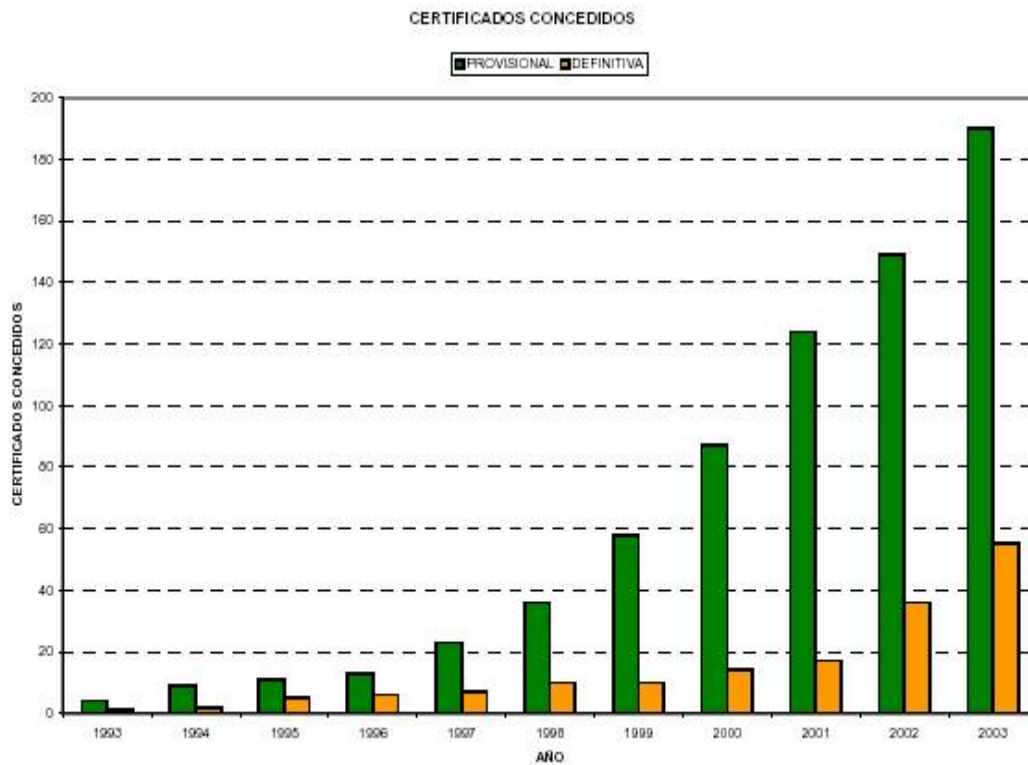


Figura-53: Evolución del número de certificados concedidos, tanto provisionales como definitivos, desde el inicio del programa de Certificación Energética del País Vasco. Ref.[4]

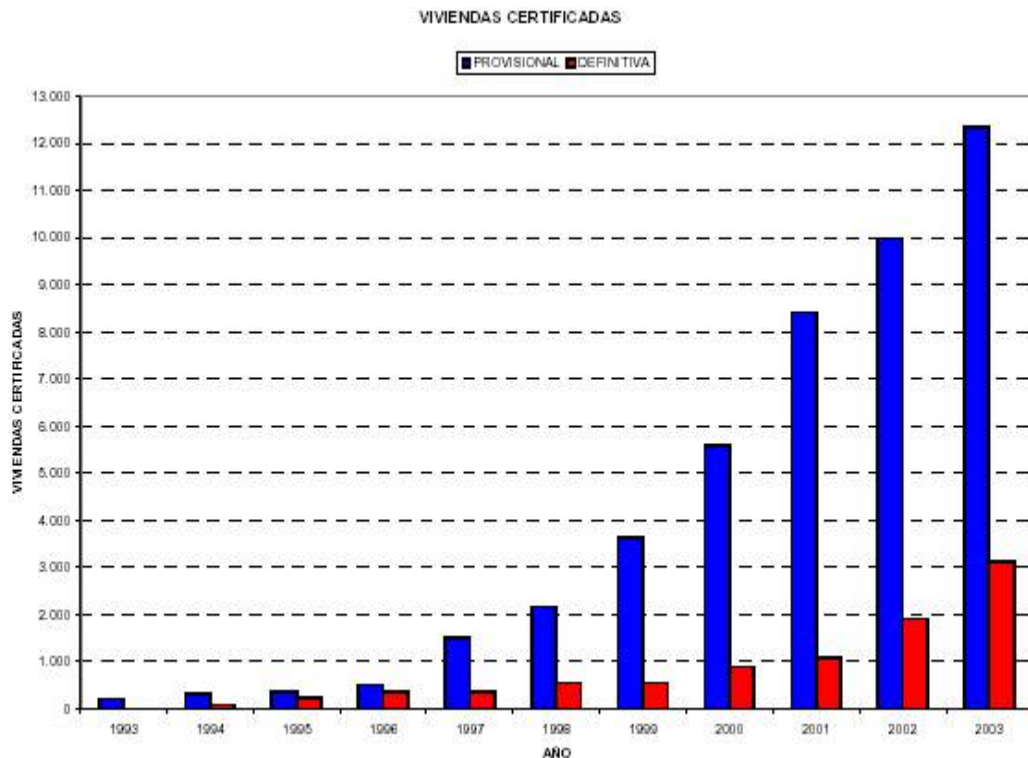


Figura-54: Evolución del número de viviendas certificadas, tanto provisionales como definitivos, desde el inicio del programa de Certificación Energética del País Vasco. Ref.[4]

En total, de 1993 a 2003 se han emitido 190 certificados provisionales (12300 viviendas) y 55 certificados definitivos (3100 viviendas), mientras que entre 2002 y 2003 se han emitido 30 certificados provisionales (1669 viviendas), que representa el 8,8 % de las viviendas nuevas (Ref.[4]).

En definitiva, la Calificación Energética del País Vasco, además de ser la única experiencia de certificación energética de edificios implementada en nuestro país y de haber sido implementada dentro de los plazos de la Directiva 93/76/CE, lo cual a la vista de la situación en el resto del país ya es todo un mérito, presenta las siguientes mejoras respecto a la NBE CT 79:

- Valoración energética cuasi-estática extendida a todo un año, e incorporando las ganancias solares en aperturas.
- Supervisión de la implementación en obra.
- Medida experimental 'in situ' de correspondencia proyecto / realidad.
- Menor consumo energético permitido (patrón referencia K_G), como corresponde a un proceso de certificación correctamente planteado.

De hecho, la certificación energética del País Vasco tal y como está planteada ya cumple bastantes de los requisitos de la Directiva 2002/91/CE y de las especificaciones del proyecto europeo PREDAC sobre el etiquetado energético de edificios en la UE.

Pero la este procedimiento de calificación energética no incluye:

- Inercia (efectos dinámicos)
- Acoplamiento con equipo climatizador
- Control demanda refrigeración
- Evaluaciones de ciclo de vida
- Estrategias bioclimáticas / bioconstrucción
- Permite compensar carencias en ciertos componentes envolvente con otros
- No permite conocer en proyecto
 - o Demanda y consumo energético del edificio (la referencia sigue siendo desconocida por lo que no se conocen los $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ permitidos)
 - o Potencias pico climatización
 - o Nivel de confort para un modo de uso y equipos climatizadores dados

Además, el código de cálculo empleado no es público (la administración se encarga de la certificación), por lo que no puede ser contrastado, y presenta grandes limitaciones de simulación energética que impiden una correcta valoración de distintos conceptos constructivos / equipos climatizadores.

8.2. La Calificación Energética de Viviendas

Desde la publicación de la Directiva 93/76/CE se han iniciado una serie de procesos en España destinados a implementar la certificación energética de edificios. Desde un punto de vista autonómico, la experiencia más importante es la ya comentada del País Vasco. A nivel nacional, la planificación de la certificación energética de viviendas, rebautizada como 'calificación' se ha estructurado en tres etapas:

- Viviendas protección oficial. Implementada a través del proyecto y herramientas de la Calificación Energética de Viviendas que comentamos en este punto: CEV
- Viviendas nuevas. Propuesta a través del proyecto y herramientas que comentaremos en el punto siguiente: CALENER
- Edificios existentes. Todavía no se sabe cómo se va a implementar.

La CEV es la primera respuesta a la Directiva 93/76/CEE, cuyo plazo expiraba en 1995, y que llegó en 1999.

En la CEV se desarrolla un proceso de calificación energética limitado a viviendas con tipología de las antiguas VPO (viviendas de protección oficial), y se proporcionan la herramienta informática para llevarlo a cabo.

La calificación energética del edificio se realiza de forma relativa mediante comparación del edificio objeto con un edificio de referencia. La valoración energética del edificio de referencia se realiza mediante correlaciones de ajuste de la simulación dinámica de 13 edificios VPO en 8 localidades de España, y supuestamente corresponde al nivel de consumo energético asociado al cumplimiento de la normativa vigente (NBE CT 79). La valoración energética del edificio objeto se realiza mediante correlaciones de ajuste de simulaciones dinámicas desglosando el efecto de las distintas componentes de la epidermis. Por tanto, como vemos, el proceso de calificación implica procesos de interpolación / extrapolación sobre correlaciones de ajuste, por lo que si bien el procedimiento de cálculo es muy rápido (no se realiza la simulación dinámica ni del edificio objeto ni del de referencia), los errores a esperar también pueden ser importantes, tanto más cuanto más se aparte el edificio objeto de las empleadas para generar las correlaciones del edificio objeto y de referencia.

La valoración energética del edificio objeto está basada en la contribución de sus componentes que a la vez están catalogados en 14 muros, 12 cubiertas, 5 vidrios, 2 protecciones solares y 3 carpinterías. Cualquier otro componente que no coincida con estos será reasimilado a uno de ellos. Los sistemas de calefacción considerados consisten en las 9 combinaciones entre tres tipos de calderas (gas, gasóleo y eléctrica) con 3 tipos de regulación (termostato local, centralita de regulación y válvulas termostáticas).

Además del carácter aproximado de la valoración energética de la CEV por estar basada en correlaciones, hay otras simplificaciones del método de valoración que reducen más su precisión:

- La inercia térmica de los cerramientos, y su distribución en la estructura del cerramiento, no se proporciona como dato de entrada. Los únicos parámetros que caracterizan cada capa de cerramiento son su espesor, conductividad y/o resistencia térmica. La inercia de muros sólo se considera a nivel de tiene / no tiene, con la frontera situada en 200 kg/m².
- La evaluación de sombreamientos es aproximada y se tienen en cuenta sólo en valor medio estacional, con un coeficiente de sombra de verano y otro de invierno. Tampoco tiene en cuenta la localización de la ventana en la fachada. No se considera el efecto de voladizos sobre paredes, y sobre huecos sólo cuando están muy cercanos y son grandes.
- Las cubiertas se consideran sólo en proyección horizontal, no incorporándose el efecto de su orientación en la captación solar ni el efecto del posible bajo cubierta no calefactado. Tampoco se consideran huecos en cubierta.

La CEV, que además tiene un carácter voluntario, ha tenido una aplicación prácticamente inexistente desde su aparición, lo cual debería dar que pensar sobre las opciones de la nueva propuesta de calificación energética general para cualquier edificio nuevo (CALENER).

En cuanto a las mejoras del método de evaluación de la CEV respecto a la NBE CT79 podemos resaltar:

- Incluye , aunque de forma limitada, efectos inerciales, dado que el programa de simulación dinámica empleado para producir los resultados en que se basan los ajustes si que incorpora su efecto.
- Tiene en cuenta, aunque de forma limitada, el acoplamiento entre el edificio y el sistema climatizador.

Pero, como inconvenientes / limitaciones del procedimiento de valoración energética podemos citar:

- Estar basado en ajustes de los resultados de simulaciones dinámicas sobre número finito de casos
- No extrapolable, e incluso con interpolación 'delicada'
- Tratamiento aproximado de sombreamientos
- No proporciona información cuantitativa alguna sobre:
 - Cargas térmicas
 - Potencias pico
 - Grado cumplimiento nivel bienestar térmico
- Excluye elementos básicos arquitectura bioclimática:
 - Contacto con terreno
 - Espacios tampón, zonificación térmica según uso
 - Invernadero, muro Trombe, gran inercia, ...
 - Tipologías, materiales y soluciones constructivas distintas a casos base

- Ventilación forzada con intercambiador de calor para recuperación
- Potenciación pasiva ventilación natural
- Enfriamiento evaporativo
- características de uso u ocupacionales, ...
- No evaluación ciclo de vida ni cargas latentes

El concepto de edificio de referencia para basar la calificación, como ya hemos comentado anteriormente, es problemático. En este caso, más que un edificio de referencia es una demanda de referencia (cuyo valor no está disponible) como función del clima y la compactidad, correspondiente a las simulaciones de un número finito de edificios cumpliendo la NBE CT 79 en un número finito de emplazamientos.

El concepto de edificio de referencia variable introduce una discriminación con el factor de forma idéntica a la de la NBE CT-79. Por otro lado, dado el procedimiento empleado es perfectamente posible que un edificio cumpliendo la NBE CT 79 no consiga calificar, pues:

- La comparación establecida no es con un edificio idéntico cumpliendo la NBE CT 79, por obtener la demanda de referencia de un ajuste.
- Errores asociados a la interpolación / extrapolación de los ajustes tanto para edificio objeto como para el de referencia.

Como ejemplo de la problemática de uso de este procedimiento, mostramos a continuación los resultados de aplicar la CEV a una vivienda unifamiliar. En la Figura-55 mostramos las demandas energéticas de calefacción de esta vivienda en distintos casos (calidades de cerramientos, modo de operación), todos ellos cumpliendo la NBE CT 79, evaluados mediante simulación dinámica con TRNSYS, así como la demanda energética permitida por la NBE CT79 evaluada a partir del cálculo horario de los grados día basados en el año meteorológico con el que se han hecho las simulaciones dinámicas. Como podemos ver, el consumo energético de la vivienda es considerablemente inferior al límite permitido por la NBE CT 79 en todos los casos evaluados, fundamentalmente debido a las ganancias solares directas de la vivienda que no están contempladas por la NBE CT 79.

Calefacción sensible

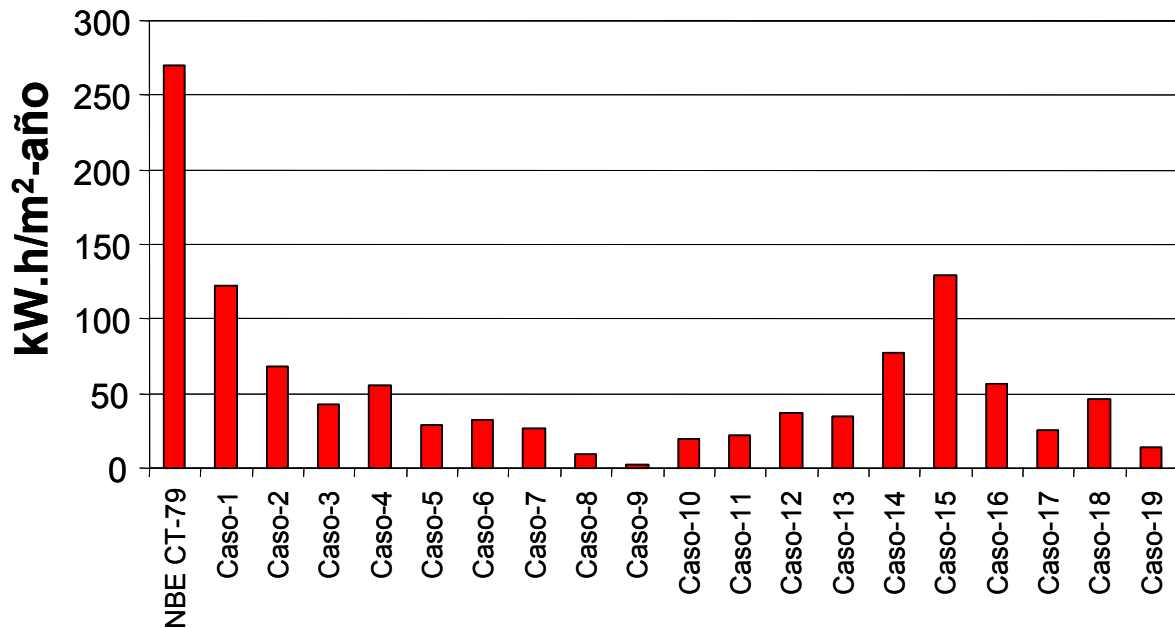


Figura-55: Demandas energéticas de calefacción de una vivienda unifamiliar de tipología rectangular en distintos casos (calidades de cerramientos, modo de operación) evaluados mediante simulación dinámica, así como demanda energética permitida por la NBE CT79.

Pues bien, al aplicar la CEV a estos casos, algunos de ellos no califican, cuando todos ellos deberían hacerlo por cumplir la normativa vigente (NBE CT 79). Como ejemplo, en la Figura-56 mostramos los pantallazos de salida de la CEV con la calificación para los casos 12 y 13, que como vemos no califican.

Algunos edificios cumpliendo NBE CT79 no califican

**Pared Camara Aire + Ventana Sencilla
Caso-12**



**Pared Camara Aire + Ventana Doble
Caso-13**

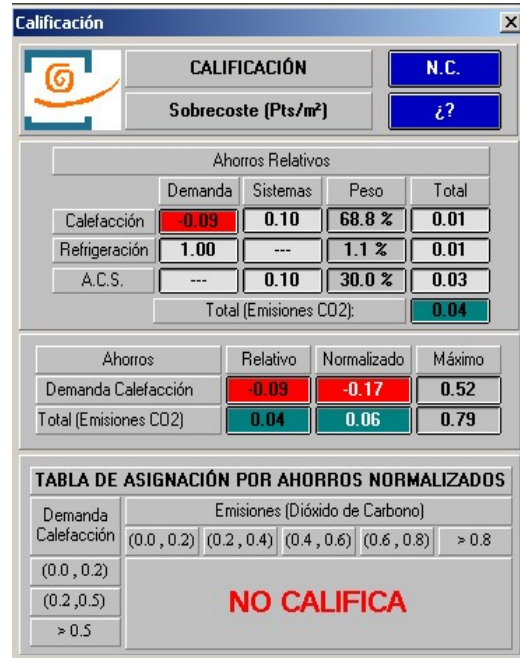


Figura-56: Resultados de la CEV para los casos 12 y 13 de la figura anterior, ambos cumpliendo la NBE CT 79.

En la Figura-57 mostramos un mayor detalle de estos resultados. En ella encontramos los resultados para 4 de los casos indicados anteriormente (10, 11, 12 y 13) cuyas diferencias estriban en el nivel de aislamiento de los muros (con aislamiento o con cámara de aire), y el incorporar huecos con cristal simple o doble. Para cada caso se muestra su K_G , que se debe comparar con el límite de la NBE CT 79 para el emplazamiento climático donde se han llevado a cabo las simulaciones (Barcelona), que es de $K_G = 1,08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Como vemos todas las soluciones cumplen la normativa vigente al presentar $K_G < 1,08 \text{ W/m}^2\text{K}$. En la tabla también se muestra el resultado de la CEV aplicado a estas viviendas, así como la demanda energética para calefacción evaluada mediante simulación dinámica con TRNSYS. Los casos con cámara de aire (12 y 13) no obtienen calificación a pesar de cumplir la NBE CT 79 tal y como ya habíamos comentado, mientras que los dos casos con paredes aisladas obtienen la misma calificación a pesar de la diferencia significativa entre demandas energéticas al introducir el doble acristalamiento. Por tanto, podemos ver cómo los resultados de la CEV van en el sentido adecuado pero presentan poca sensibilidad, de tal forma, que puede dejar fuera de la calificación viviendas que deberían obtenerla.

Vivienda en Barcelona
Cualquier instalación

Caso	Aislamiento	Ventana	K_G (W/m ² -K)	NBE CT-79 < 1,08	CEV	kW.h/m ² -año Total sens.
10	SI	doble	0,57	SI	7	44,70
11	SI	simple	0,74	SI	7	48,26
12	NO	simple	1,06	SI	NO	58,84
13	NO	doble	0,88	SI	NO	54,32

Figura-57: Resultados de la CEV aplicada a una vivienda unifamiliar de tipología rectangular ubicada en Barcelona al cambiar la composición de su envolvente, comparados con su valoración energética mediante la NBE CT 79 y mediante simulación dinámica.

8.3. Propuesta de certificación energética de viviendas: **CALENER**

El proceso de definición de la certificación energética de viviendas (CALENER) se inició a raíz de los requerimientos de la Directiva 93/76/CE (plazo 1995), y ha proseguido su desarrollo bajo el paraguas de la Directiva 2002/91/CE.

Tal y como está planteada la propuesta actual, consiste en una certificación voluntaria que abarca a los edificios de nueva construcción.

La certificación propuesta contempla la valoración del consumo de energía primaria asociado a las demandas de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación, si bien, según el uso del edificio bajo análisis alguno de estos conceptos no se valora (por ejemplo la iluminación en edificios residenciales, y el ACS en oficinas, enseñanza y comerciales). Por supuesto, la certificación tampoco incorpora el análisis en ciclo de vida (embodied energy).

Sin embargo, la certificación proporcionada es cualitativa en forma puntuación (estrellas) que miden las actuaciones energéticas del edificio en relación con un edificio de referencia variable con el edificio objeto (el mismo concepto que en la normativa CTE), alejándose por tanto del parámetro principal indicado por la 2002/91/CE (kW.h/m²-año). La justificación alegada para evitar una valoración cuantitativa es la 'sencillez para los usuarios', que a nuestro juicio está completamente fuera de lugar por:

- Los usuarios son suficientemente maduros para poder interpretar una valoración cuantitativa, y de hecho llevan mucho tiempo haciéndolo con otro tipo de productos (coches, electrodomésticos, ...)

- La administración no debería privar al usuario de su derecho a interpretar la valoración energética de un producto, interponiendo entre el usuario y la valoración cuantitativa una valoración relativa que más que aclarar oscurece completamente el significado de la valoración.
- La valoración relativa propuesta trae como consecuencia directa que la valoración energética de un edificio, y con ella la certificación energética de viviendas, pierda todo su sentido de ser y potencial de contribuir a potenciar medidas de ahorro energético, pues bajo la situación actual, dados dos edificios de igual superficie útil en el mismo emplazamiento, el usuario no tiene información alguna para saber cual de ellos consume menos energía.

La certificación propuesta introduce discriminaciones por clima, por compacidad e incluso por tipo de edificio, que como ya hemos comentado no resultan adecuadas al propósito de una certificación energética. Además, la certificación propuesta⁵³ descansa sobre la valoración en términos de emisiones de CO₂. Desde nuestro punto de vista sería más apropiado que la certificación se apoyara directamente sobre la valoración del consumo de energía primaria no renovable, aunque como indicador adicional incorporara una evaluación de las emisiones de CO₂ asociadas.

Respecto a la metodología certificación propuesta, en primer lugar se procede a una *autocalificación provisional* sobre el proyecto de la vivienda mediante la aplicación de la herramienta de cálculo CALENER por el técnico calificador. Posteriormente se procede a una *calificación definitiva* a obra terminada, para la cual se procede a la comprobación documental y visual del edificio realmente construido y de los documentos que dieron lugar a la autocalificación provisional. Esta calificación definitiva no contempla la realización de pruebas ni ensayos, y sólo requiere una simulación adicional llevada a cabo por la administración en el caso de que se observen discrepancias.

A priori y a la vista de la experiencia sobre la situación real de control de la implementación de un procedimiento mucho más sencillo como el de la normativa NBE CT 79, parece que va a haber poco control sobre certificación concedida. En gran parte, este control dependerá de la preparación y responsabilidad energética del organismo que lleva a cabo la concesión de la calificación definitiva.

La herramienta informática para implementar la certificación energética, el CALENER, está basada en el DOE-2.2. De hecho éste es el motor de cálculo que emplea CALENER, que además incorpora una interfaz de introducción de datos, una base de datos de propiedades de materiales de construcción y datos climáticos, un generador automático del informe administrativo para la certificación, y una herramienta de visualización de resultados y análisis económicos.

⁵³ Literalmente: 'Porcentaje de reducción de las emisiones de CO₂ del edificio objeto cuando este se compara con las emisiones de CO₂ de un edificio de referencia'.

El trabajo realizado para desarrollar CALENER es positivo en el sentido de que permite acercar el programa de simulación dinámica DOE 2-2, uno de los más empleados hasta la fecha en todo el mundo, al personal técnico español mediante las interfaces de entrada y salida y bases de datos específicas de los métodos de construcción en nuestro país.

Sin embargo, como ya comentamos anteriormente, el programa DOE 2 , a pesar de sus grandes posibilidades de cálculo y extensión de uso (cuenta con 30 años de historia), tiene importantes limitaciones que condicionan las posibilidades de realizar una correcta valoración de distintos conceptos energéticos del edificio. Estas limitaciones están en la actualidad superadas por otras herramientas de simulación disponibles, por lo que no parece adecuado que el propio procedimiento de certificación introduzca limitaciones innecesarias sobre la posibilidad de valorar correctamente distintos conceptos edificatorios y sistemas de climatización. Además, el CALENER limita todavía más las posibilidades de cálculo del DOE 2.2 (limitación cuantificada en un 70 % en la documentación del programa). Desde nuestro punto de vista el procedimiento de certificación energética debería liberarse de estas limitaciones innecesarias que van a repercutir en la menor aplicación de estrategias de diseño y operación con potencial de ahorro energético. Para ello, creemos que se debería:

- Eliminar las restricciones impuestas por CALENER sobre el DOE 2.2. para por lo menos permitir explotar al completo las posibilidades de este código de simulación.
- Proporcionar todos los resultados del cálculo del DOE 2.2 en la herramienta de visualización y análisis de resultados. De hecho el emplear el DOE 2.2. par al final no disponer ni de la cuantificación de consumos energéticos del edificio es un desperdicio de recursos de cálculo.
- Limitar el papel del CALENER al de método de cálculo oficial, como el LIDER en la normativa CTE, permitiendo y estimulando la incorporación de herramientas de cálculo con potencial de valorar conceptos energéticos que escapen a CALENER, de introducir mayor precisión en los resultados, o de adaptarse mejor a la evolución del sector de la edificación.

Respecto al edificio de referencia, aunque su definición está menos definida que en el LIDER del CTE, la idea fundamentalmente es la misma: Un edificio con igual morfología y tamaño que el edificio objeto y con una envolvente que de alguna forma representa los valores límite establecidos en el CTE. Ya hemos comentado abundantemente sobre las limitaciones del concepto de edificio de referencia variable para basar la calificación energética, por lo que aquí nos centraremos en las peculiaridades de CALENER para evaluar la demanda energética del edificio de referencia. Según los distintos conceptos energéticos, la demanda energética de referencia se fija de la siguiente forma:

- Iluminación:
 - o Mismo horario variación iluminación que edificio objeto
 - o Tipo de luminaria fijado
- ACS
 - o Misma demanda que edificio objeto
 - o Rendimiento medio estacional del sistema procedente de la CEV.
- Calefacción y refrigeración:
 - o Epidermis adaptada para cumplir con CTE
 - o Iluminación de referencia
 - o Infiltración impuesta por CTE (LIDER)
 - o Sistema climatización ideal (capacidad infinita) con el mismo horario y temperaturas consigna que edificio objeto
 - o Simulación del edificio de referencia en Madrid, en lugar de en el emplazamiento en que se encuentre el edificio objeto
 - o Conversión de la demanda del edificio de referencia en Madrid a la demanda en el emplazamiento del edificio objeto mediante curvas de ajuste de la CEV
 - o Uso de rendimientos medios estacionales de los sistemas de climatización de referencia procedentes de la CEV

Como vemos surgen importantes limitaciones en el propio procedimiento de evaluación de la demanda de referencia. Por un lado, el hecho de evaluar la demanda en Madrid para posteriormente convertirla al emplazamiento en función de una correlación procedente de la CEV en función de la severidad climática, a la vista de las limitaciones que hemos comentado tanto sobre el propio concepto de severidad climática como sobre la CEV, parece carecer de sentido, a no ser que la demanda del edificio de referencia en Madrid no se obtenga realmente mediante simulación con DOE 2.2, sino mediante los ajustes de la CEV al igual que en el LIDER (este punto no está claro en la documentación de CALENER). En cualquier caso, esta demanda de referencia, además de variable y desconocida para el usuario no parece tener mucho sentido, lo cual junto a las discriminaciones negativas que introduce en el proceso de certificación hacen recomendable la eliminación del concepto de edificio de referencia para basar la certificación.

Consideramos que sería más adecuado establecer, de cara a la certificación, unos patrones de ocupación y ganancias internas (modo de operación del edificio) de referencia fijos bajo los que simular el comportamiento del edificio para obtener sus actuaciones cuantitativas en términos de $\text{kW.h/m}^2\text{-año}$ bajo este 'ensayo tipo'. Este es el procedimiento empleado por ejemplo en automoción, cuyos consumos energéticos son todavía más dependientes del modo de operación que en el caso de un edificio, para cuantificar sus actuaciones energéticas. Sin embargo, creemos que CALENER debería seguir reteniendo la posibilidad de introducir el patrón de uso del edificio por parte del usuario para cuantificar las implicaciones energéticas de distintos patrones de uso (fuera del alcance de la certificación), como parte constituyente de *un plan energético* que permitiera introducir medidas de ahorro energético de forma cuantificada desde un punto de vista técnico-económico.

Este plan energético acompañando a la certificación, tal y como se hace en Dinamarca, nos parece que sería otro aspecto de gran importancia a incorporar al procedimiento de certificación. El plan energético debería ser un documento generado por el Técnico Calificador que acompañara a la certificación emitida en un instante de tiempo dado mediante una serie de medidas de ahorro y eficiencia energética valoradas desde un punto de vista técnico-económico para que el propietario del edificio pudiera priorizar y valorar su incorporación. Mediante éste plan energético y mediante una exigencia concreta⁵⁴ de periodicidad en la certificación del edificio sería posible potenciar la introducción de medidas de ahorro energético y cuantificar su implicación real en las certificaciones posteriores.

9. La Estrategia Española de Eficiencia Energética

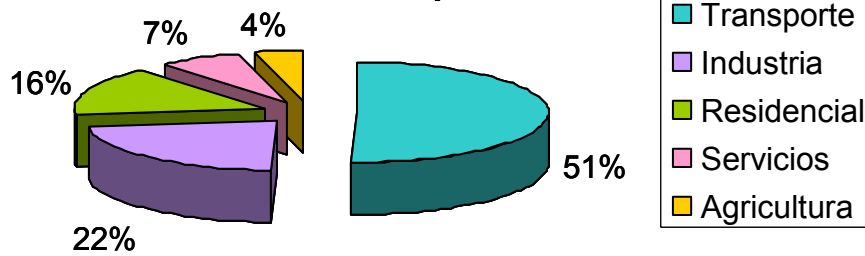
En noviembre del 2003 el Ministerio de Economía publicó la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) para el periodo 2004-2012, dentro de la cual se encuentra un documento específico para el sector de la edificación.

La valoración conjunta de la estrategia propuesta en todos los sectores implicados conduce a un ahorro acumulado en el periodo 2004-2012 respecto al escenario base de 69950 ktep, con un coste de 26108 M€ y una reducción de emisiones de CO₂ de 190 MT-CO₂. A partir del 2012 las medidas introducidas ahorrarían la emisión de 42 MT-CO₂/año. En la Figura-58 mostramos el reparto de este potencial de ahorro estimado entre los distintos sectores implicados. Como podemos ver la contribución esperada del sector de la edificación en este potencial de ahorro es del 16 %, mientras que el conjunto edificación +servicios llega al 23 %.

⁵⁴ La propuesta actual de certificación no define el tiempo de vigencia de la calificación aunque si que indica que no es indefinida.

Ahorro acumulado E4 (2004 - 2012)

Total = 69950 ktep



Ahorro anual emisiones CO2 con E4 (a partir 2012)

Total = 42 MTCO₂/año

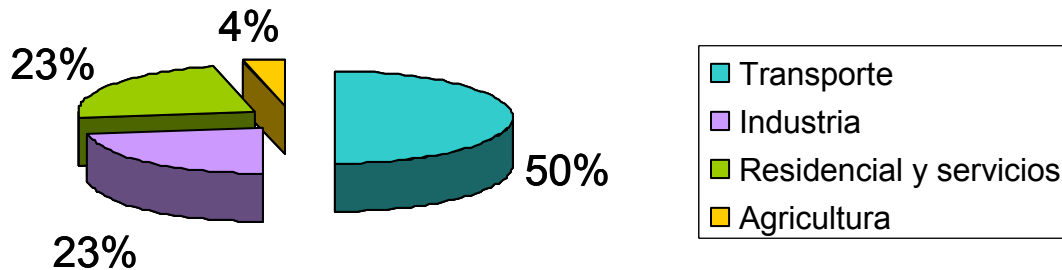


Figura-58: Potenciales de ahorro acumulados en el periodo 2004-2012 y anuales a partir del 2012 estimados por la E4. Ref.[5].

El documento sectorial de la E4 es relevante en el marco del tema aquí considerado en el sentido de que es el primer documento oficial en el que se proporcionan estimaciones de consumos energéticos en el parque español de viviendas, o valores de los cuales es posible derivarlo. A pesar del carácter aproximado de estas estimaciones por la metodología de evaluación empleada, sirven como una primera referencia al estado del sector de la edificación en España.

Según la valoración realizada en la E4, la contribución total del sector edificación (doméstico y terciario) ascendió en el año 2000 a un 16 % del consumo energético nacional⁵⁵. Empleando las estimaciones del parque de viviendas existente del INE se obtienen unos consumos energéticos medios de las instalaciones fijas de los edificios (calefacción, refrigeración, ACS e iluminación) de:

⁵⁵ Es de resaltar que este valor es considerablemente inferior al media europea valorada en las Directivas 91/76/CEE y 2002/91/CE, así como en el Libro Verde, en que este porcentaje era del 40 %. Sin embargo, debemos considerar el carácter aproximado de las estimaciones realizadas en la E4, así como el hecho de que la demanda de refrigeración está en la actualidad lejos de encontrarse completamente incorporada en nuestro país.

- 106 kW.h/m²-a
(si en el sector doméstico consideramos sólo la superficie de vivienda principal⁵⁶)
- 77 kW.h/m²-a
(si se emplea el área total del sector doméstico: vivienda principal más vivienda de fin de semana / vacaciones).

Desglosando entre terciario y doméstico, la edificación presentaba un consumo energético medio de las instalaciones fijas en el año 2000 de:

- Terciaria: 224 kW.h/m²-a,
- Doméstico: 80 kW.h/m²-a
(al considerar sólo la superficie de vivienda principal)
- Doméstico: 55 kW.h/m²-a
(al considerar toda la superficie de vivienda)

Descontando del sector doméstico la contribución de la iluminación (10 %), el consumo energético medio de los edificios de vivienda para calefacción, refrigeración y ACS en el año 2000 fue de:

- 71,8 kW.h/m²-a (al considerar sólo el área de vivienda principal)
- 49,1 kW.h/m²-a (al considerar el área total de vivienda)

En la Figura-59 mostramos estos valores de referencia del consumo medio del parque de viviendas actual.

⁵⁶ Las estimaciones basadas en la consideración sólo de la vivienda principal son las más adecuadas, pues en el caso de que una unidad familiar disponga de más de una vivienda no las climatizan simultáneamente.

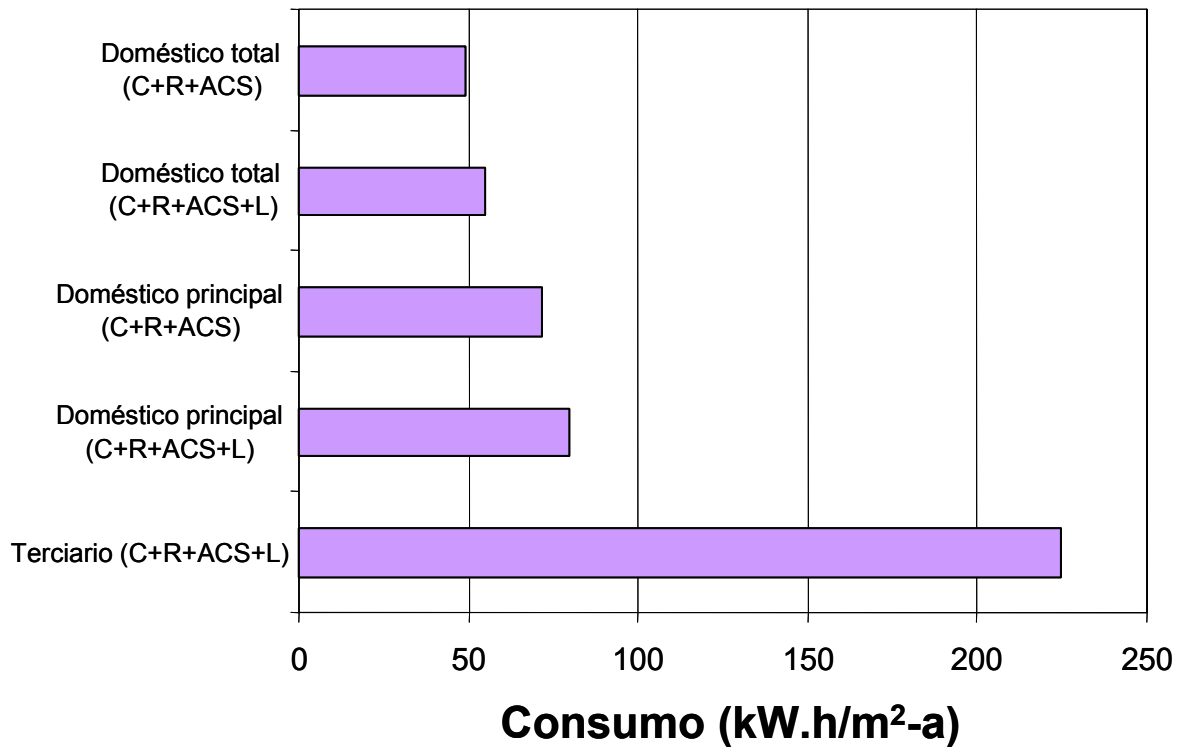


Figura-59: Consumo medio de los edificios en el año 200 evaluados a partir de las estimaciones de la Ref[6]. C= calefacción ; R = refrigeración ; ACS = agua caliente sanitaria ; L = luz.

Es de notar que según las estimaciones de la Ref.[6] la contribución de la demanda de refrigeración en el año 200 sobre el consumo total de los edificios domésticos fue despreciable, mientras en los edificios terciarios suponía el 22 % (en este caso referido al consumo total incluyendo equipamientos).

Reparto consumos edificios sector doméstico (2000)

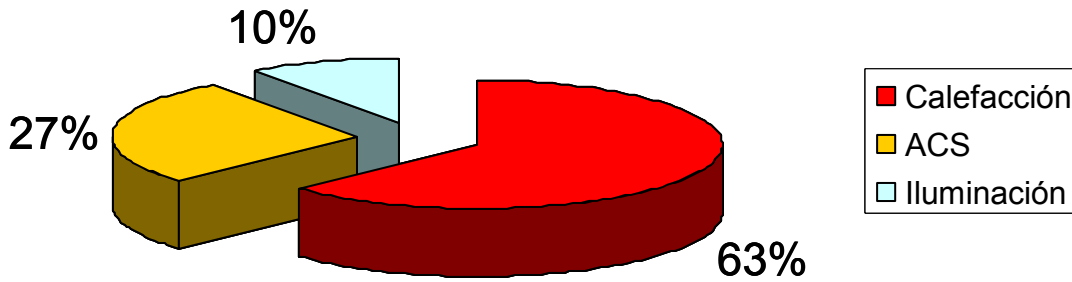
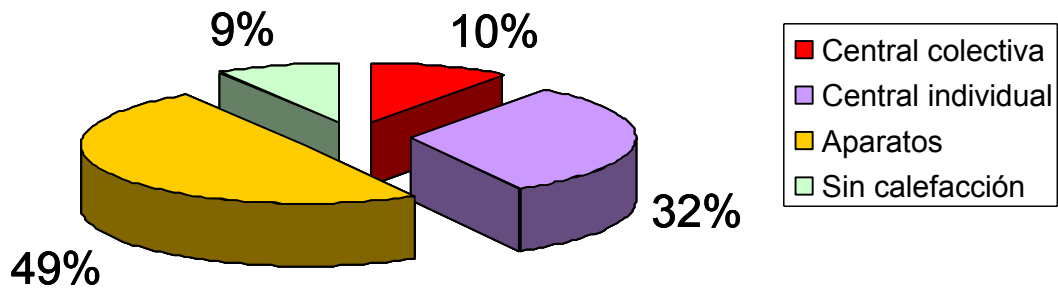


Figura-60: Reparto de consumos en los edificios del sector doméstico para el año 2000 según Ref.[6].

Porcentaje de viviendas según tipo de calefacción (2000)



Porcentaje de viviendas según tipo de producción de ACS

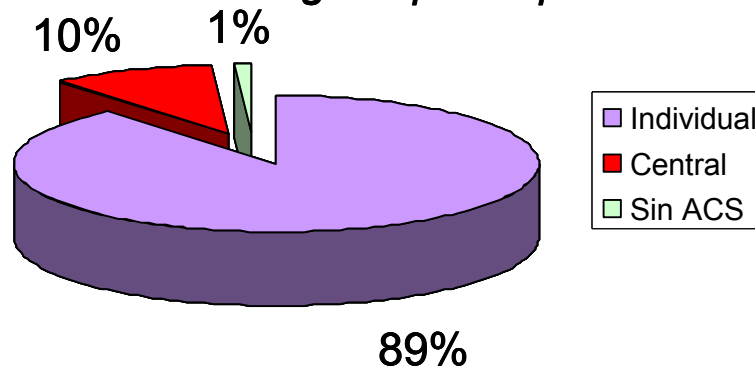


Figura-61: Porcentaje de viviendas según tipo de calefacción y según tipo de producción de ACS en el año 2000 según Ref.[6].

El incremento del número de viviendas per cápita y la incorporación de los requerimientos de refrigeración en las mismas⁵⁷ son tendencias que harán aumentar la demanda energética de las viviendas. Sin embargo, la sustitución de los aparatos de calefacción eléctrica (que en el año 2000 suponían el 49 % de las viviendas – Figura-61), junto al mejor aislamiento de las nuevas viviendas, son tendencias hacia la reducción del consumo de energía primaria para calefacción.

También es de destacar (Figura-61) el bajo porcentaje de viviendas con calefacción colectiva (10 %) en nuestro país, lo cual limita algunas opciones tecnológicas de reducción de consumo de energía primaria no renovable (reducción de emisiones de CO₂) como es el uso de la biomasa.

Respecto a las previsiones de crecimiento del consumo que la E4 hace en el sector de edificios domésticos para el escenario base, es de resaltar que no se indican las hipótesis que conducen a esas previsiones, y además se excluye la demanda de refrigeración, que pasa a considerarse en otro documento sectorial.

El objetivo de la E4 en el sector de la edificación es alcanzar un ahorro energético del 7,5 % respecto⁵⁸ al escenario base en el año 2012, reduciendo el crecimiento anual del consumo energético en el sector del 5,2 % al 4,2 %, y acumulando un ahorro respecto al escenario base⁵⁹ en el periodo 2004-2012 de 6811 ktep.

Para alcanzar estos objetivos, la E4 propone actuar sobre el parque de edificios existentes y nuevos / rehabilitados en la siguiente medida:

- Edificios existentes
 - o Mejora del aislamiento y protección solar en el 5 % del parque de hogares, oficinas y hospitales.
 - o Renovación del 50 % del parque de calderas de calefacción y ACS en el subsector doméstico.
 - o Renovación del 50 % de calderas y equipos de frío en el subsector comercio, servicios y administraciones públicas.
 - o Sustitución de las unidades de tratamiento de aire por otras con recuperación entálpica.
 - o Sustitución de la iluminación por lámparas de bajo consumo.

- Edificios nuevos / rehabilitados
Los basados en la trasposición de los requerimientos de la Directiva 2002/91/CE. Sin embargo, debemos tener en cuenta que el plazo límite

⁵⁷ Cuya demanda energética en varias regiones de nuestro país para niveles de confort tipo es superior a la de calefacción.

⁵⁸ Aunque el valor absoluto de ahorro proporcionado (1733 ktep) se corresponde con un 7,35 % y no un 7,5 % del consumo del sector en el escenario base. En la Ref.[6] hay algunas erratas de este estilo.

⁵⁹ Recalquemos que la refrigeración doméstica no queda incorporada en estas previsiones de limitación de crecimiento. Al incorporar la demanda doméstica de refrigeración, la diferencia entre el escenario base y el escenario eficiente propuesto por la E4 sería mucho menor.

de trasposición de la directiva es enero del 2006 (prorrogable hasta enero 2009 para la certificación energética de edificios e inspección de calderas y equipos de aire acondicionado). En la propuesta de RD para aprobación del CT, las exigencias del CTE empezarán a ser efectivas a los 2 – 3 años de su publicación en el BOE en virtud de sus disposiciones transitorias, por lo que como muy pronto sería efectivo en el 2006-2007.

Teniendo en cuenta la elevada vida útil de los edificios, así como las limitaciones del CTE para realizar un control directo de la demanda, junto con el hecho de que como mostramos anteriormente el nivel de exigencia del CTE puede incluso ser inferior al de la NBE CT 79, parece difícil que pueda haber una contribución significativa en el parque de edificios nuevos / rehabilitados durante el periodo 2004-2012 de la E4. Sin embargo, la E4 prevé una contribución del 38,3 % de las viviendas nuevas en el ahorro a alcanzar ...

Debe destacarse también la ausencia de previsión de apoyo económico para primar la eficiencia energética en el sector de la edificación para los edificios nuevos y rehabilitados. La efectividad de certificación energética de edificios, con un carácter no obligatorio como está planificada en CALENER, quedará reducida a 'curiosidades' si no va apoyada de un incentivo económico. En un entorno donde los precios de los combustibles / electricidad no incorporan en su coste todas sus externalidades, inversiones destinadas a reducir el consumo energético del edificio más allá de las disposiciones legales (CTE cuando entre en vigor) son difíciles de incentivar y justificar económicamente si no existe un apoyo económico que cumpla el mismo papel que las subvenciones o ayudas financieras (línea ICO –IDAE) y económicas (retribución del régimen de generación especial) a las energías renovables. Debe tenerse en cuenta que un buen diseño bioclimático de un edificio para alcanzar niveles de consumo energético inferiores a las exigencias normativas, exige entre otras cosas el disponer de una capacidad de cálculo y conocimiento no disponibles por lo general en el actual sector de la edificación de nuestro país, por lo que su incorporación en el quehacer habitual del sector requiere tanto o más apoyo que las tecnologías renovables (más sencillas de analizar técnicamente que la respuesta dinámica de un edificio en la mayoría de casos).

Por contra, en la E4 si que se indica la posibilidad de dotar de apoyo económico a la adaptación de edificios existentes a la nueva normativa (con una dotación estimada del 6,9 % de la inversión requerida), pero el potencial de acciones a emprender, especialmente en lo relativo a la envolvente del edificio, es muy inferior en un edificio existente que en uno nuevo.

Resulta ilustrativo elaborar los resultados presentados⁶⁰ en la E4 para evaluar los costes de eliminación de CO₂ de las medidas de ahorro propuestas.

⁶⁰ A pesar de haber detectado alguna inconsistencia en los mismos.

Próximamente se va a poner en marcha del mercado de emisiones europeo en enero del 2005, considerado el mecanismo más eficiente económicamente para alcanzar un determinado objetivo ambiental, en este caso el cumplimiento del primer periodo de compromiso de Kyoto.

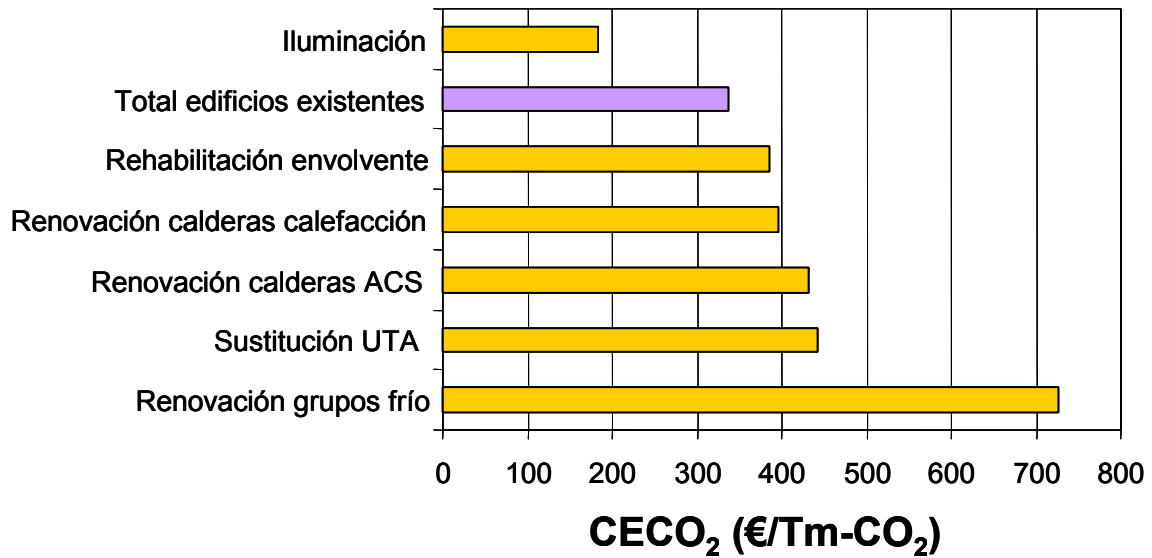
El mercado de emisiones va a condicionar el ritmo al que se hagan las inversiones para convertir el sistema energético en sostenible, retrasando y dejando para el final (cuando más difícil sea reducir las emisiones) aquellas inversiones más costosas y complicadas.

En la actualidad se están barajando precios de mercado en el rango de 5 €/Tm-CO₂ a 32 €/Tm-CO₂, con muchas referencias que tienden hacia un valor de 7 €/Tm-CO₂. En la propia E4 se emplean como referencias un valor inferior de 11 €/Tm-CO₂ (el precio máximo alcanzado en el mercado de emisiones que ya está funcionando en Gran Bretaña y Dinamarca) y un valor superior de 32 €/Tm-CO₂, como límite máximo a partir del cual parece existir un consenso informal de que se aplicarían medidas para contener los precios. En el marco del mercado de emisiones de derechos de la UE las multas previstas son de 40 €/Tm-CO₂ en el primer periodo (2005-2007) y de 100 €/Tm-CO₂ en el segundo periodo (2008-2012).

Aunque el mercado de emisiones de CO₂ involucra en su primer periodo (2005-2007) sólo a algunos de los focos de emisión de CO₂ (centrales termoeléctricas, refino de petróleo, siderurgia, cemento y cal, vidrio, cerámica, e industria papelera), estas grandes instalaciones actúan en muchos casos como escaparate, referencia e incluso motor de lo que resulta viable de introducir en otros sectores. En este sentido resulta interesante valorar las medidas de ahorro propuestas en la E4 en términos de sus costes de eliminación de CO₂.

El coste medio de eliminación de CO₂ del conjunto de medidas que afectan al parque de edificios existentes, evaluado a partir de los datos proporcionados en la Ref[6] es de 336 €/Tm-CO₂, mientras que para los edificios nuevos el coste estimado del conjunto de medidas propuestas es de 358 €/Tm-CO₂. En términos de las medidas más caras propuestas, en los edificios existentes la renovación de grupos de frío tendría un coste de 727 €/Tm-CO₂, mientras que para los edificios nuevos las medidas más caras corresponden a las del sector doméstico, y ascienden a 541 €/Tm-CO₂. En la Figura-62 mostramos el resultado de las evaluaciones de coste de eliminación de CO₂ para las distintas medidas planteadas en la E4 en el sector de la edificación, elaborado a partir de los resultados y estimaciones presentado en el conjunto de la Ref[6]. Sin embargo, los valores de estimaciones presentadas a lo largo de la Ref[6] no siempre son coherentes entre ellos. A modo de ejemplo, en la Figura-63 presentamos el resultado de procesar los ahorros de emisiones y costes presentados en la tabla resumen de la pg.30 de la Ref[6], que como podemos apreciar no siempre coinciden con los de la figura anterior derivada de los resultados presentados a lo largo del documento (Ref[6]).

Medidas E4 para parque edificios existentes



Medidas E4 para parque edificios nuevos

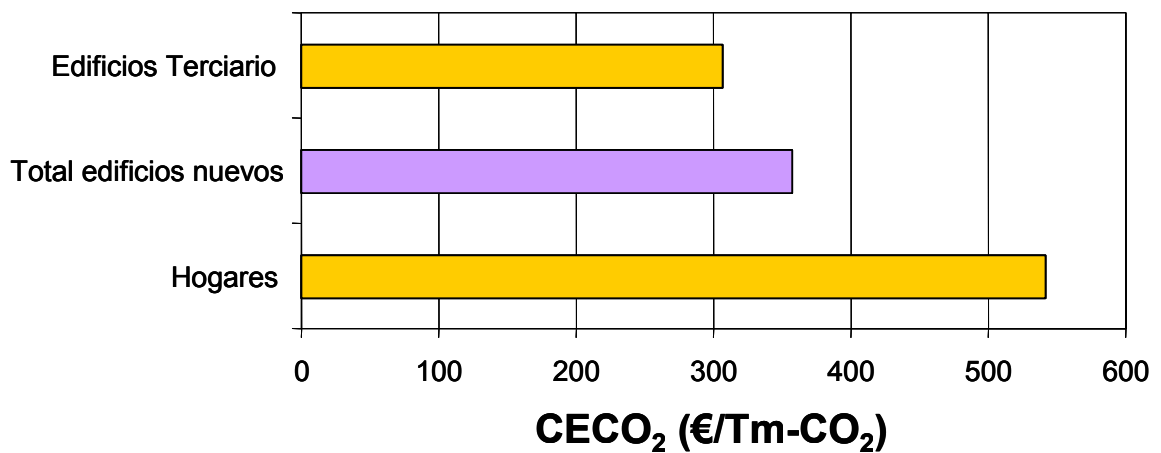
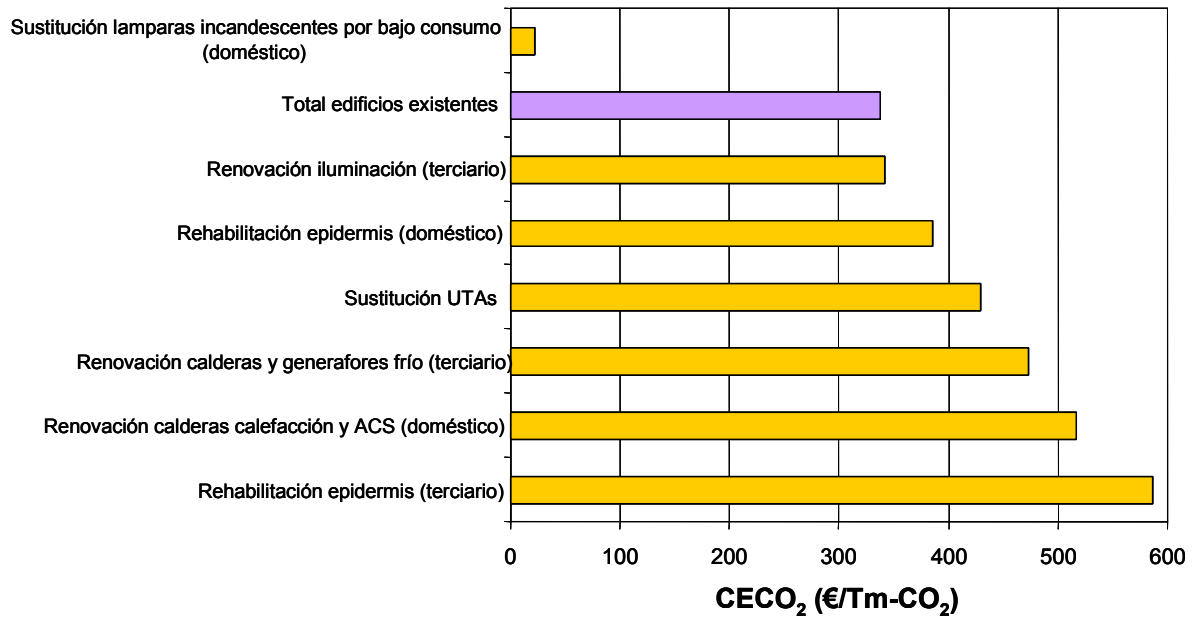


Figura-62: Resultado de las evaluaciones de coste de eliminación de CO₂ para las distintas medidas planteadas en la E4, elaborado a partir de los resultados y estimaciones presentado en el texto de Ref.[6].

Medidas E4 para parque edificios existentes



Medidas E4 para parque edificios nuevos

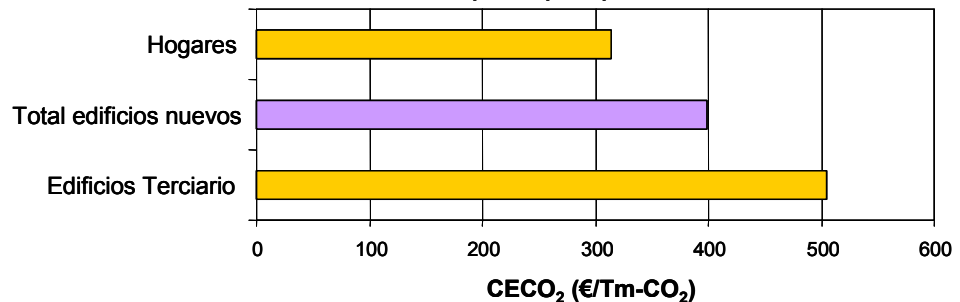


Figura-63: Resultado de las evaluaciones de coste de eliminación de CO₂ para las distintas medidas planteadas en la E4, elaborado a partir de los resultados y estimaciones presentado en la tabla resumen de la pg.30 de la Ref.[6].

Como podemos ver, los costes de eliminación de CO₂ implícitos en los valores presentados por la E4 son significativamente más elevados que los valores de referencia que se vienen manejando para el próximo mercado de emisiones de CO₂ (7 – 10 €/Tm-CO₂). Esta situación es común a otros sectores no incluidos en el mercado de emisiones, como es el uso de energías renovables, y es una clara indicación de las limitaciones que puede introducir el esquema del mercado de derechos de emisiones sobre las medidas que se lleguen a implementar hasta el 2012 para reducir las emisiones de CO₂. Además, como vemos resultan más caras en términos de reducción de emisiones de CO₂ las medidas sobre edificios nuevos que en antiguos, lo cual, junto al limitado alcance de la E4, pone de manifiesto la incoherencia de no prever la necesidad de apoyo económico para incentivar la reducción de consumo energético en edificios nuevos.

El escaso grado de detalle de las evaluaciones económicas presentadas en la Ref[6], especialmente en el caso de viviendas nuevas, hace pensar que puede existir un significativo error por defecto en la valoración de costes de las medidas propuestas para cumplir con los requerimientos del CTE. Pero incluso con los valores presentados, los costes de eliminación de CO₂ de 541 €/Tm-CO₂ para el sector doméstico de viviendas nuevas ya permitirían que materiales de construcción como el bloque de tierra comprimida (BTC), con un potencial significativo de reducir el embodied energy de los edificios pudieran pasar a ser competitivas⁶¹ (Ref[7]).

Con el fin de valorar el potencial de ahorro en el sector de la edificación, en la E4 se ha procedido en primer lugar a recopilar datos estadísticos (Estadística de Edificación y Vivienda del Ministerio de Fomento, Licencias de Obras de Ayuntamientos) sobre la configuración del parque de viviendas actual. En la Figura-64 mostramos la evolución de la superficie anual construida en los distintos subsectores de la edificación en el periodo 1990-2000, mientras que en la Figura-65 mostramos el reparto de superficie total construida en este periodo según los distintos subsectores. En la Figura-66 mostramos la antigüedad del parque de viviendas actual y en la Figura-67 su reparto según plantas edificadas.

Superficie construida en periodo 1990-2000. Estadísticas Mº Fomento

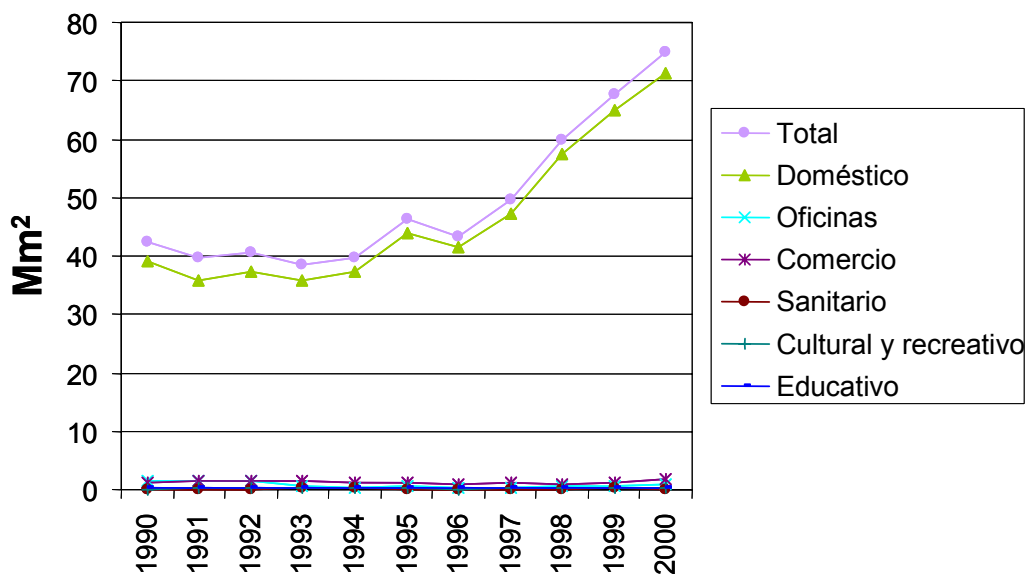


Figura-64: Evolución de la superficie anual construida por subsectores en el periodo 1990-2000, de las Estadísticas del Ministerio de Fomento según Ref[6].

⁶¹ Siempre y cuando la E4, la regulación energética (CTE) y la certificación energética (CALENER) tuvieran en cuenta el análisis en ciclo de vida, que no es el caso.

Superficie construida en periodo 1990-2000. Estadísticas Mº Fomento

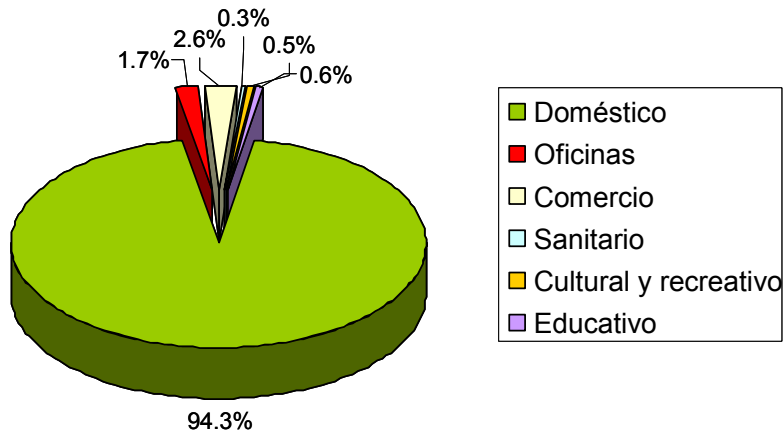


Figura-65: Superficie total construida por subsectores en el periodo 1990-2000, de las Estadísticas del Ministerio de Fomento según Ref[6].

Edad parque viviendas

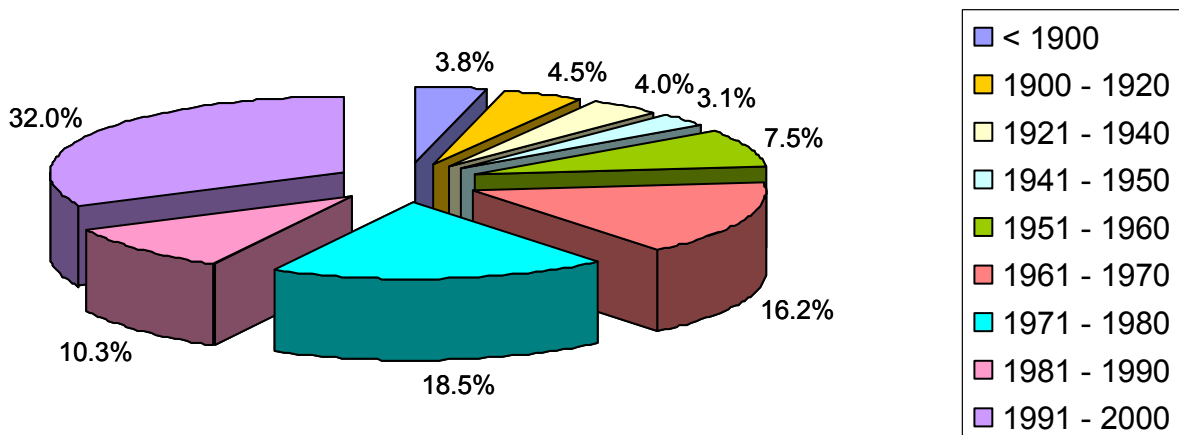


Figura-66: Antigüedad del parque de viviendas en el 2000. según Ref[6].

Tipología parque viviendas

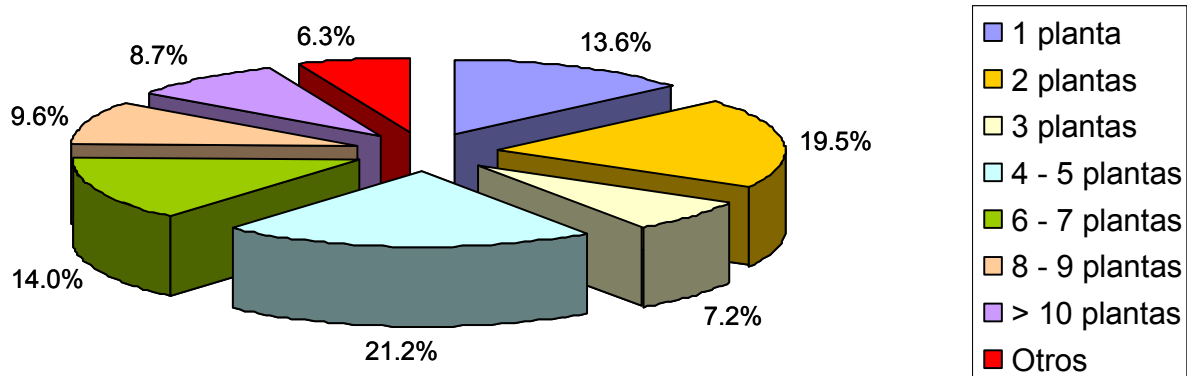


Figura-67: Distribución del parque de viviendas del año 2000 por número de plantas de los edificios. según Ref[6].

Partiendo de un muestreo de edificios, en la Ref[6] se ha realizado una primera evaluación del consumo energético del parque de edificios español. Los resultados, constituyen la primera información oficial disponible respecto al consumo del parque de edificios. En el muestreo se han empleado 122 edificios de distinta tipología y en distintas zonas climáticas (un edificio por tipología y zona climática), por lo que realmente los resultados, si bien proporcionan una primera aproximación, no son representativos del del valor medio del parque de viviendas existente.

Para edificios de viviendas, los valores medios obtenidos para el consumo total son:

- Bloque colectivo: 107 kW.h/m²-a
- Vivienda unifamiliar adosada/aislada: 43 kW.h/m²-a

Mientras que el consumo de energía para climatización y ACS ascienden a:

- Bloque colectivo: 64,2 kW.h/m²-a
- Vivienda unifamiliar adosada/aislada: 30,1 kW.h/m²-a

Es de resaltar que la contribución de la refrigeración en los datos recopilados es muy pequeña (0 % para las viviendas unifamiliares y 5 % para los bloques de viviendas).

Aún con todo, los valores medios presentados en la E4 parecen muy bajos, especialmente para viviendas unifamiliares. En efecto, el mayor factor de forma de estas viviendas, así como la menor calidad y control en el proceso constructivo, y las valoraciones energéticas que anteriormente presentamos sobre los requerimientos de la NBE CT 79, hacen pensar que los 30 kW.h/m²-año de consumo para climatización y ACS evaluados en la E4 son muy poco

representativos, con un importante error por defecto respecto a la media real del parque de viviendas actual. A modo de ejemplo, una vivienda unifamiliar adosada en la Comunidad de Madrid con unos 30 años de vida, presenta consumos anuales de calefacción y ACS evaluados a través de medida directa de 150 kW.h/m²-a. De hecho, a la vista de las medidas más fiables de hipermercados y hoteles presentadas en la propia E4, es de esperar que el consumo de calefacción doméstico del parque de viviendas actual se sitúe por encima de los 75 kW.h/m²-año.

La gran indefinición de los resultados mostrados en esta primera cuantificación oficial del consumo energético del parque de viviendas actual, pone de manifiesto la necesidad de que la administración introduzca medidas que permitan un mejor conocimiento del consumo energético real del parque de viviendas, y que esta información se haga pública como en otros países (p.ej. EEUU). Para ello, una regulación y certificación energéticas basadas en la valoración directa de los kW.h/m²-año serían de gran importancia de cara sobre todo a las viviendas nuevas. También creemos que debería potenciarse la realización de un estudio de valoración del estado actual de consumo del parque de viviendas del estilo del realizado en la E4 pero con una muestra más amplia que proporcionase una correcta descripción estadística del conjunto del parque de viviendas.

En la Figura-68 mostramos los resultados por subsector de la edificación de los consumos totales valorados en la Ref[6], mientras que en la Figura-69 mostramos los correspondientes consumos de climatización y ACS. En las Figuras 70, 71 y 72 mostramos la descomposición de consumos en los distintos subsectores del muestreo realizado en la Ref[6].

Consumo energético total. Media muestra edificios parque actual

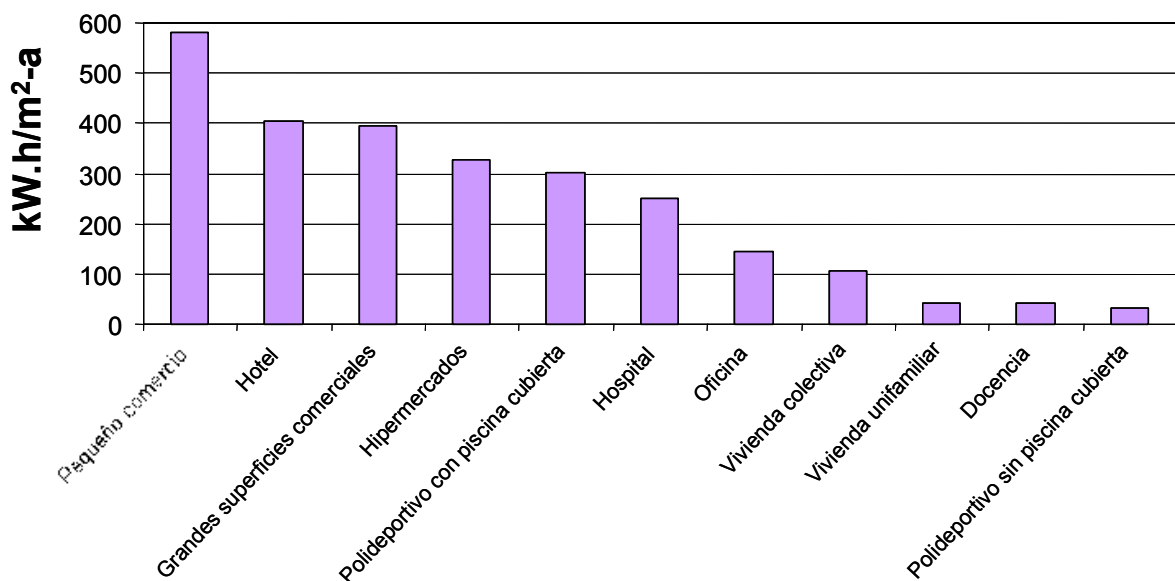


Figura-68: Consumo energético total de la media de la muestra de edificios sobre el parque de viviendas actual realizada en el marco de la E4 (Ref[6]).

Consumo energético climatización+ACS. Media muestra edificios parque actual

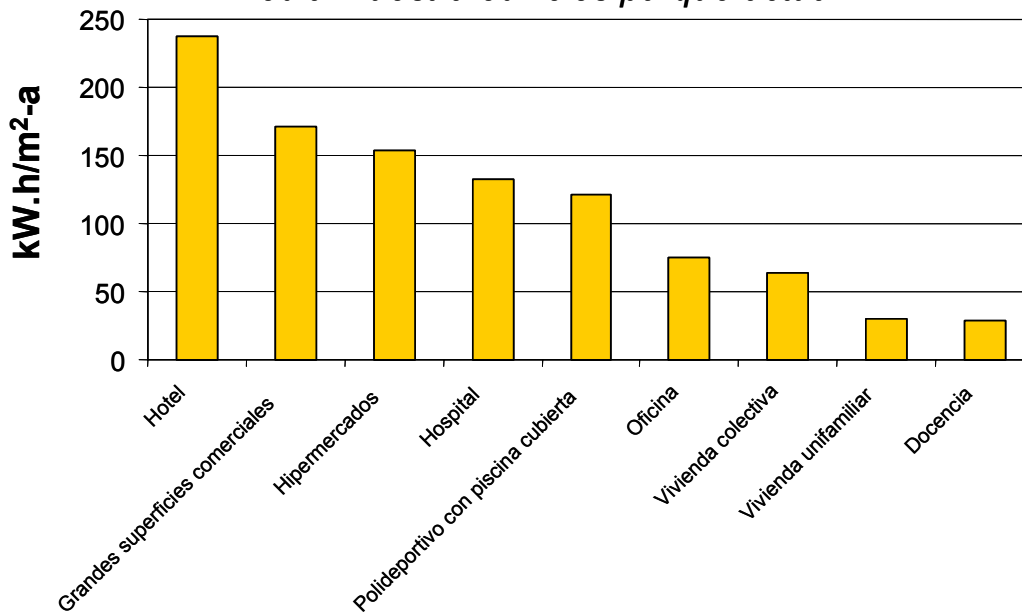
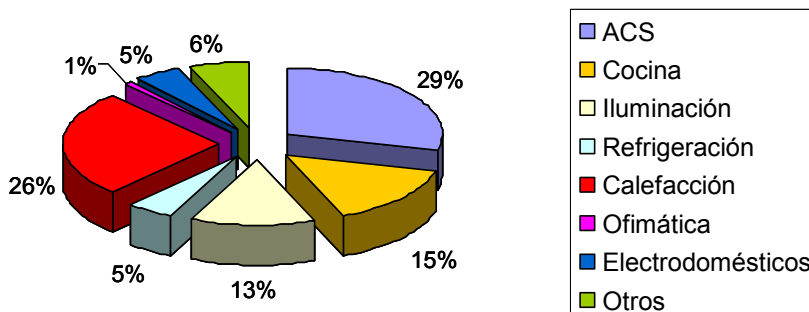


Figura-69: Consumo energético para climatización y ACS de la media de la muestra de edificios sobre el parque de viviendas actual realizada en el marco de la E4 (Ref[6]).

Bloque viviendas Total = 107 kW.h/m²-a



Vivienda Unifamiliar Total = 43 kW.h/m²-a

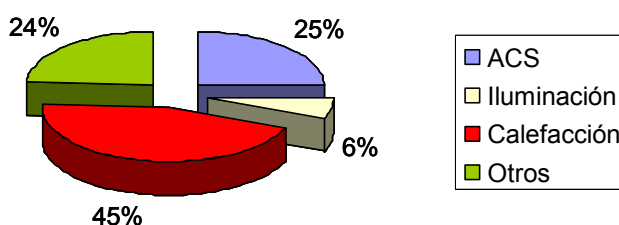


Figura-70: Descomposición de consumo total por conceptos energéticos en los subsectores de vivienda unifamiliar y bloque de viviendas según resultados del muestreo realizado en Ref[6].

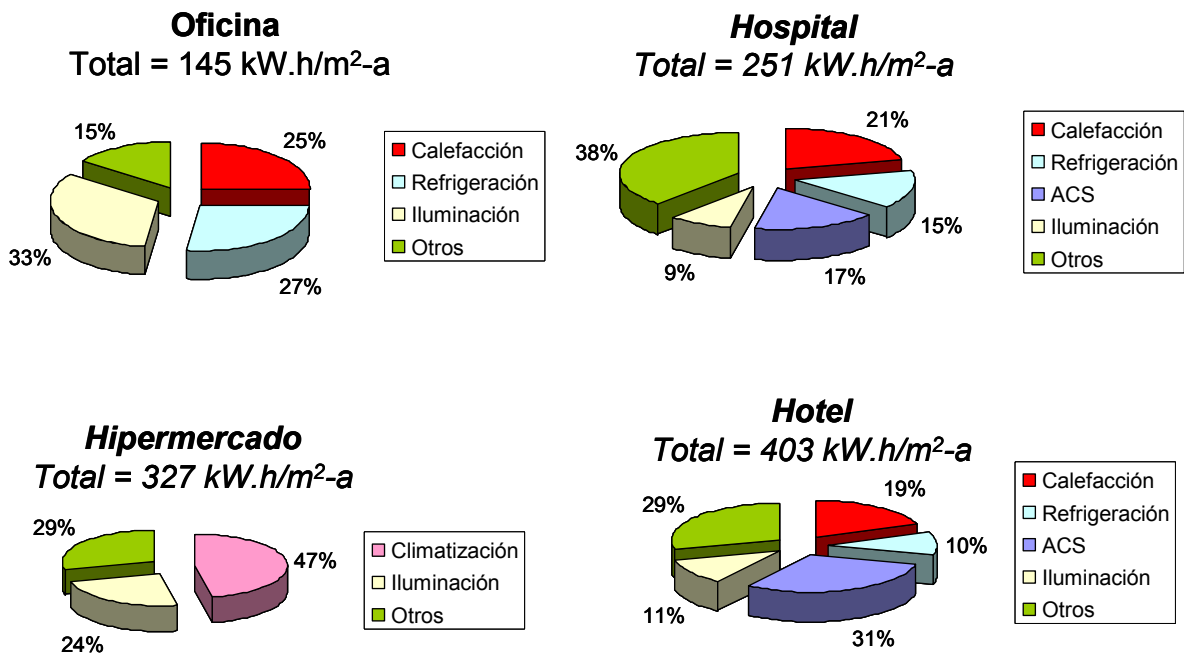


Figura-71: Descomposición de consumo total por conceptos energéticos en los subsectores de oficina, hospital, hipermercado y hotel según resultados del muestreo realizado en Ref[6].

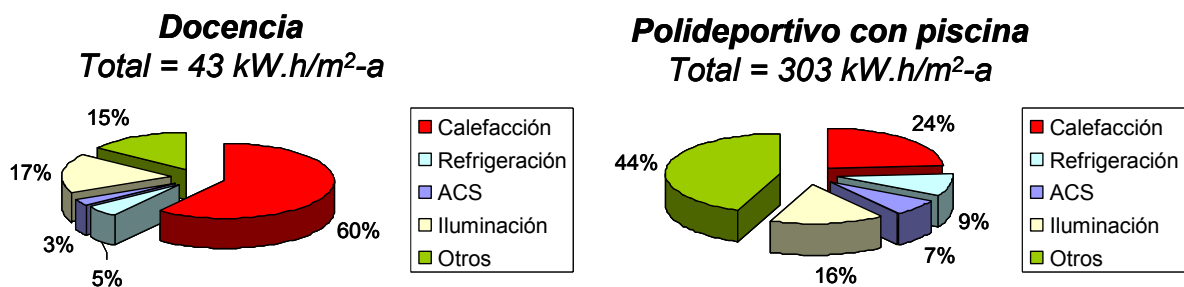


Figura-72: Descomposición de consumo total por conceptos energéticos en los subsectores de docencia y polideportivo con piscina según resultados del muestreo realizado en Ref[6].

El conocimiento del consumo energético del sector edificación, así como su desglose por conceptos, es un paso previo fundamental para poder elaborar una estrategia de eficiencia energética adecuada, así como para poder medir en un futuro la efectividad de las medidas en ella impuestas. De hecho, el desconocimiento actual sobre dicho consumo energético con un margen de error aceptable, así como las limitaciones de la legislación propuesta (CTE), ponen en tela de juicio tanto la cuantificación del peso relativo de la edificación sobre el consumo energético total asumido como punto de partida de la E4, así como el alcance y posibilidades de las medidas propuestas en la E4 para el sector de la edificación.

De los datos presentados en la Ref[6] se puede concluir el escaso peso que por ahora ha adquirido la satisfacción del nivel de confort relativo a la carga refrigerante de los edificios, que cuando se satisfaga completamente podría

representar el duplicar los consumos energéticos de climatización en nuestro país (en media).

También se echa en falta en la E4 una comparación de la valoración del consumo energético de nuestro parque de edificios con los valores disponibles para otros países.

Dadas las deficiencias de la E4 respecto a la caracterización del parque de viviendas actual, para estimar los ahorros energéticos a alcanzar con las medidas propuestas por la E4 se ha desarrollado (Ref[6]) un estudio basado en simulaciones energéticas de edificios tipo, suponiendo que estos pasan de estar con el nivel de aislamiento de la NBE CT 79 y los equipos de producción de calor y frío antiguos, a implementar niveles de aislamiento conforme a la opción prescriptiva del CTE y equipos de climatización más eficientes. El análisis presentado en la Ref [6] se basa en el estudio de 3 edificios tipo (vivienda unifamiliar adosada, bloque de viviendas y edificio de oficinas) sometidos a 3 regiones climáticas (B4:Sevilla ; D3:Madrid ; E1:Burgos), pasando a deducir los ahorros nacionales asumiendo un reparto de la población por regiones climáticas (B4: 63 % ; D3: 34 % ; E1: 3 %). En cuanto a la modificación de equipos de climatización, en las instalaciones domésticas y de oficinas, se supone que se pasa de calderas mixtas con rendimiento del 75 % en edificios existentes y del 85 % en edificios nuevos, a calderas mixtas de condensación de 99 % de rendimiento⁶², y en los edificios de oficinas se incrementa la eficiencia del equipo de frío de EER = 1,8 a EER = 3,0.

Los resultados presentados en este análisis de la E4, además de limitados (sólo se dan tablas resumen), presentan serias deficiencias que ponen en tela de juicio las bases empleadas para la elaboración de la E4 y para cuantificar el ahorro energético realmente alcanzable con las medidas propuestas.

Con todo ello, el ahorro nacional previsto en la E4 con la aplicación de las medidas contempladas y en base a los resultados de estas simulaciones se cuantifica de la siguiente forma (Ref[6]):

	Edificios Existentes	Edificios Nuevos
Viviendas Unifamiliares	29 %	31 %
Bloques de Viviendas	26 %	30 %
Edificios de Oficinas	38 %	31 %

De estos resultados destaca la pequeña diferencia, incluso negativa para las oficinas, entre los ahorros previstos en el parque actual de viviendas y en los edificios nuevos⁶³, cuando es en los edificios nuevos donde se dispone de mayor libertad para aplicar medidas más drásticas.

⁶² Como puede adivinarse, la gran mayoría del ahorro previsto se apoya en la mejora de rendimiento de instalaciones, explotando poco las opciones de reducir la demanda de la envolvente del edificio (aislamiento, bioclimática, renovables, ...).

⁶³ Fundamentalmente ocasionado por la diferencia de rendimientos de caldera asumidos como condición de partida (75 % para edificios actuales y 85 % para nuevos)

Pasamos a continuación a comentar con más detalle alguna de las limitaciones de la E4 en el análisis sectorial de la edificación:

- Un documento con la relevancia que debería tener la E4 debería basarse en un estudio más detallado donde se incluyeran un mayor número de tipologías de vivienda, representativas en mayor detalle del parque de edificios actual, y distribuidas en todas las regiones climáticas (no sólo 3) con los porcentajes de población reales en cada una.
- El estudio considera una gran diferencia entre la superficie acondicionada y superficie útil de los edificios, que a nuestro juicio se aparta considerablemente de la realidad. Así, por ejemplo en la vivienda unifamiliar, con 109 m² de superficie útil considera que sólo el 64 % está acondicionado, cuando la realidad de las viviendas de este tipo, y especialmente las de nueva construcción, está más cercana a la situación en que prácticamente el 100 % de la superficie útil está acondicionada. Esto conduce a que los consumos energéticos para climatización sean considerablemente superiores a los mostrados en la Ref [6], y que han servido de base para la cuantificación de la E4 en el sector edificación.
- Aún con las consideraciones del punto anterior, los consumos energéticos por calefacción y ACS obtenidos en el estudio de la Ref[6] son considerablemente superiores a los presentados en la E4 como resultado del muestreo realizado sobre edificios existentes, especialmente en las viviendas unifamiliares, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

	Muestreo kW.h/m ² -a	Cálculo (superficie útil) kW.h/m ² -a	Cálculo (Superficie acondicionada) kW.h/m ² -a
Vivienda unifamiliar	30,1	89,9	57,4
Bloque viviendas	64,2	77,4	48,5

Comparación consumos medios parque de viviendas actual según muestreo y cálculos de la Ref[6]

Y esto suponiendo que el parque actual de viviendas cumpla realmente la NBE CT 79, mientras que la realidad es que el control impuesto sobre el cumplimiento de la NBE CT 79 se limita a la aprobación del Colegio de Arquitectos correspondiente mediante el visado del proyecto de ejecución del edificio, y en la práctica el grado de verificación del cumplimiento de la norma por este organismo incluso en la fase de proyecto es bastante escaso, siendo relativamente habitual entre los arquitectos el ‘ajustar’ sobre el papel la ficha del KG para mostrar el cumplimiento en la casilla final (lo único que se acaba supervisando). Además, incluso si sobre el papel fueran adecuados los cálculos del K_G, las divergencias en la implementación de los materiales en la obra conducen a imperfecciones que por lo general tienden a aumentar el K_G real. Por tanto, podemos concluir que la identificación del punto de

partida que se hace en la E4 para el sector de la edificación, responsabilizándolo del 16 % del consumo nacional de energía (considerablemente alejado del 40 % estimado como media en la UE), así como de la estimación de su crecimiento (escenario de referencia), es una estimación por defecto del consumo real del sector. Y esto es así incluso sin considerar la carga de refrigeración como hacen las estimaciones de la Ref [16], que por otro lado debería estar valorada en el mismo documento sectorial de la edificación por estar al mismo nivel que la carga de calefacción y tener una importancia potencial del mismo orden.

Insistimos en la imperiosa necesidad de realizar una caracterización más precisa del estado actual y del potencial de ahorro en el consumo energético del sector de la edificación, que, en contra de lo indicado en la E4, llegará a ser uno de los de mayor peso en la balanza energética nacional.

- Respecto a la carga de refrigeración, los valores presentados en el estudio de la Ref[6] tampoco parecen muy apropiados. Así, incluso en Sevilla, la demanda energética de refrigeración mostrada es un 34,4 % de la demanda de calefacción y ACS, cuando realmente en este emplazamiento climático es de esperar que domine la demanda de refrigeración. En los otros emplazamientos climáticos considerados en el estudio que sirve de base de partida a la E4 también se muestran demandas de refrigeración que parecen inferiores de las existentes para mantener un nivel de confort adecuado dentro de los edificios.

El hecho de que en la actualidad no se esté satisfaciendo el nivel de confort en los meses de verano, no justifica el que precisamente en un documento de planificación como es la E4 no se haga un tratamiento adecuado de dicha demanda. La exigencia de satisfacción del nivel de confort en la temporada de refrigeración irá aumentando a medida que lo haga el nivel de vida y posibilidades económicas de la población, hasta llegar a representar en nuestro país un consumo energético del mismo orden del asociado a la demanda energética para calefactar. Además, la distribución temporal de la demanda de refrigeración, cuando se satisface como es el caso en la actualidad mayoritariamente mediante consumo de energía eléctrica (bombas de calor), tiene efectos negativos adicionales sobre el sistema de generación como han dejado claro las crecientes puntas de demanda eléctrica en los meses de verano, que ya han ocasionado problemas técnicos en la red de distribución e incrementos significativos del precio de la electricidad en estos periodos⁶⁴.

De hecho, las propias medidas introducidas en la E4 para reducir la demanda energética de calefacción, también tendrán su impacto directo sobre la demanda energética de refrigeración que no se ve reflejado en la previsión del crecimiento de esta demanda que hace la E4. Así, el

⁶⁴ En los resultados presentados por la E4, para los edificios de oficinas si que se muestra una carga de refrigeración mayor que la de calefacción. Este subsector cuenta con una mayor generación interna y además ha internalizado ya en gran medida la demanda de refrigeración.

incremento en el nivel de aislamiento en muros y ventanas, puede traer como consecuencia un incremento de la carga refrigerante en la temporada de refrigeración por la reducida capacidad de transferir energía térmica de los cerramientos mejorados a lo largo de la noche, mientras que en los resultados presentados por la E4 para el sector doméstico no se ve reflejado el incremento en la demanda de refrigeración⁶⁵ (ni por mayor exigencia de confort ni por las modificaciones introducidas), mientras que por ejemplo para edificios existentes es difícil introducir medidas que conduzcan a una reducción de la demanda de refrigeración de la envolvente (por ejemplo protecciones solares) suficientemente significativa como para compensar completamente los factores anteriores, y en especial el gran incremento que cabe esperar de esta demanda en un sector que en la actualidad la tiene muy poco internalizada.

En el subsector de edificios de oficinas, los resultados presentados por la E4 si que aparecen contabilizadas las demandas de refrigeración en una magnitud más apropiada, mostrando para las regiones climáticas B4 y D3 unos consumos superiores a los de calefacción. Pero por otro lado hay algunas incoherencias en los resultados mostrados para este caso:

- Al aplicar el nivel de aislamiento del CTE (HE1), el consumo de calefacción se incrementa respecto al de la normativa anterior (NBE CT 79) (¿?!!)
- Al aplicar conjuntamente las mejoras en aislamiento y en equipamiento (HE1 + HE2) se obtiene un mayor consumo energético que al aplicar sólo las mejoras en equipamiento (HE2) (¿?!!)

Para terminar, en las Figuras-73, 74, 75 y 76 mostramos los resultados de la E4 relativos a la evolución esperada del consumo de calefacción y ACS en el subsector doméstico (referido al área acondicionada) al aplicar las distintas medidas propuestas en la E4. Sólo mostramos estos datos por considerar que son los únicos que no presentan incongruencias evidentes. La cuantificación de la demanda de refrigeración y la evolución en otros sectores, tal y como hemos comentado anteriormente no nos parece que estén correctamente cuantificados y por tanto que sean válidos para extraer conclusiones relativas al impacto esperado de las medidas propuestas en la E4. La nomenclatura de las medidas introducidas es la siguiente:

HE1: Mejora del aislamiento según CTE

HE2: cambio de caldera de calefacción y ACS según CTE

HE4: Contribución de solar térmica a producción ACS según CTE.

⁶⁵ Es de notar que en la E4 se presenta la evolución esperada de la demanda (basada en las simulaciones energéticas sobre los casos tipo) al introducir distintas medidas de ahorro por separado. Así, al introducir sólo un incremento del aislamiento en el subsector doméstico, la demanda de refrigeración presentada o se mantiene o se reduce según el caso.

Edificios existentes: Vivienda unifamiliar adosada

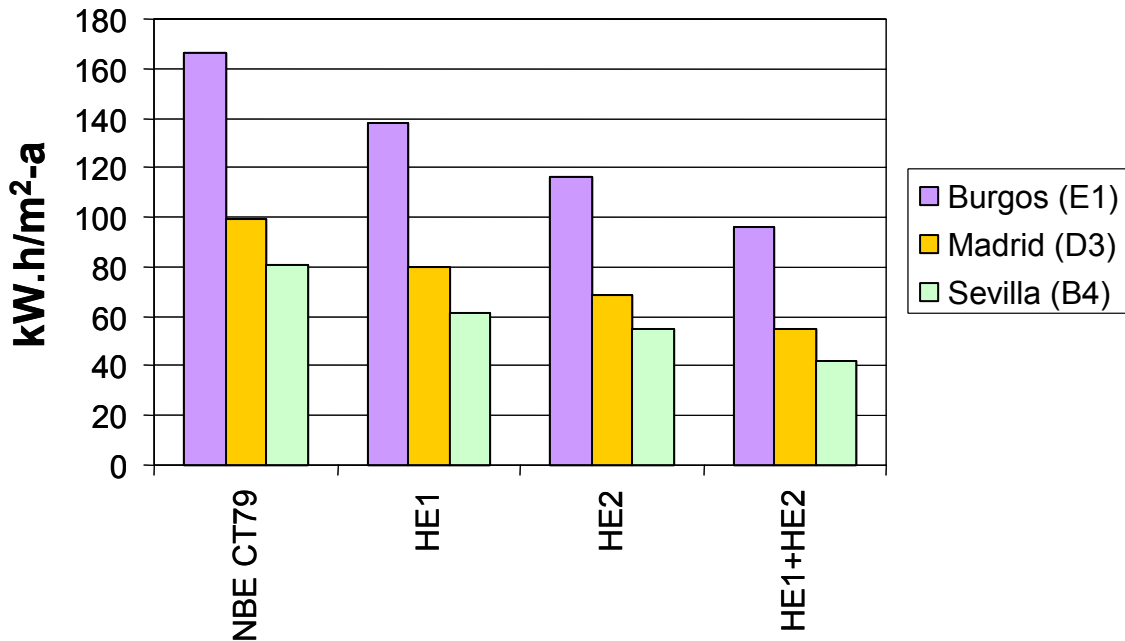


Figura-73: Previsión del efecto de las distintas medidas propuestas por la E4 sobre el parque de viviendas unifamiliares adosadas (edificios existentes), en tres emplazamientos climáticos según los resultados de la Ref[6].

Edificios existentes: Bloque de viviendas

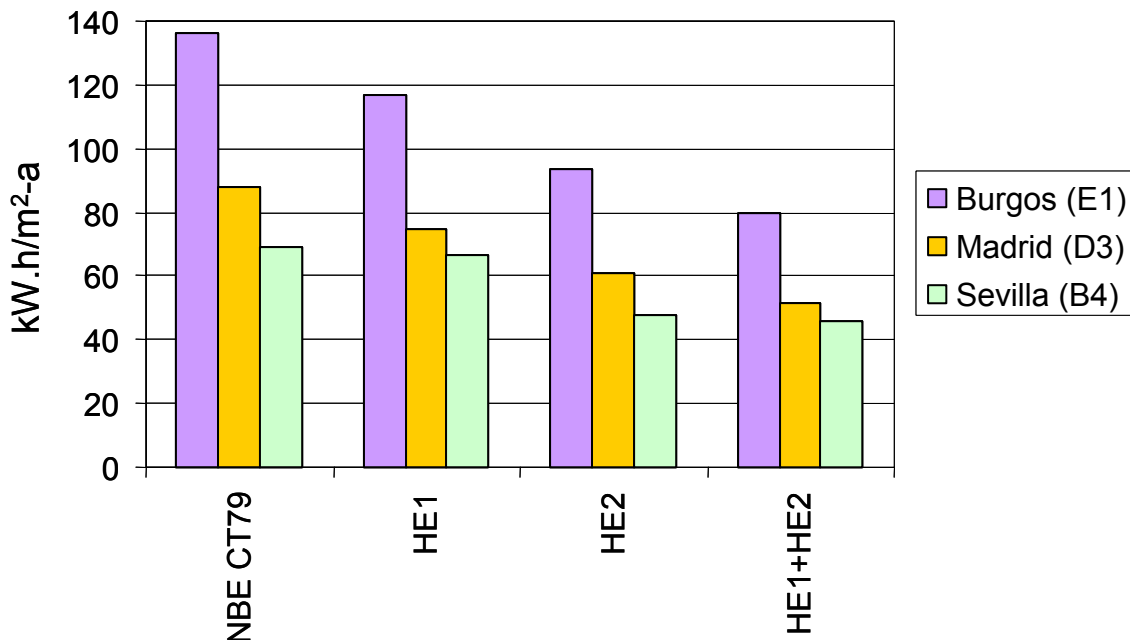


Figura-74: Previsión del efecto de las distintas medidas propuestas por la E4 sobre el parque de bloques de vivienda (edificios existentes), en tres emplazamientos climáticos según los resultados de la Ref[6].

Edificios nuevos: Vivienda unifamiliar adosada

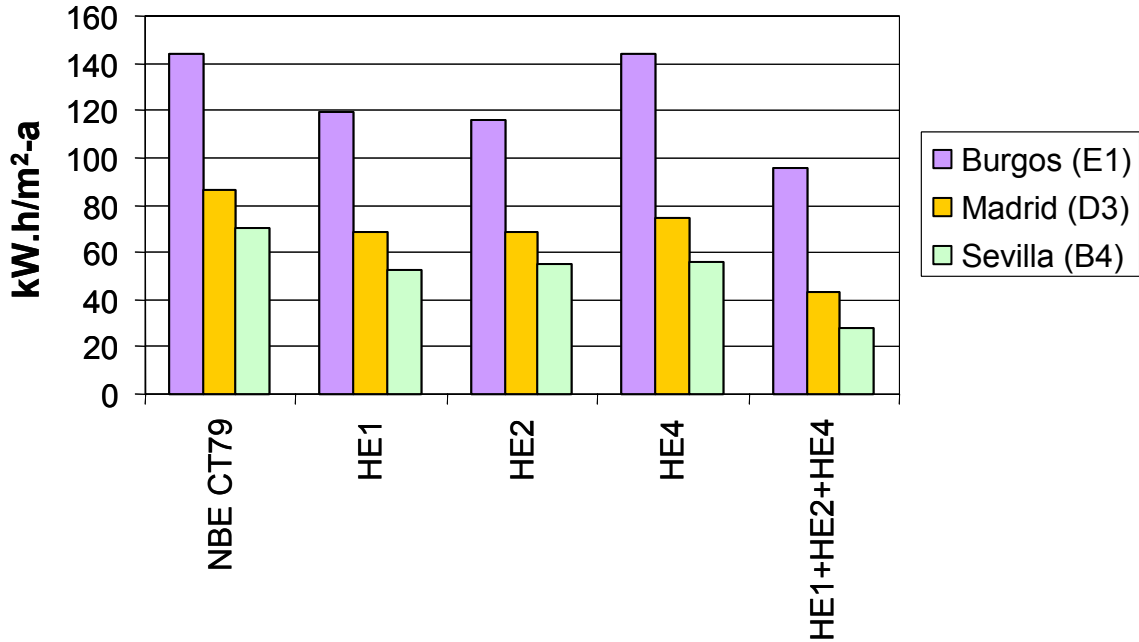


Figura-75: Previsión del efecto de las distintas medidas propuestas por la E4 sobre el parque de viviendas unifamiliares adosadas (edificios nuevos), en tres emplazamientos climáticos según los resultados de la Ref[6].

Edificios nuevos: Bloque de viviendas

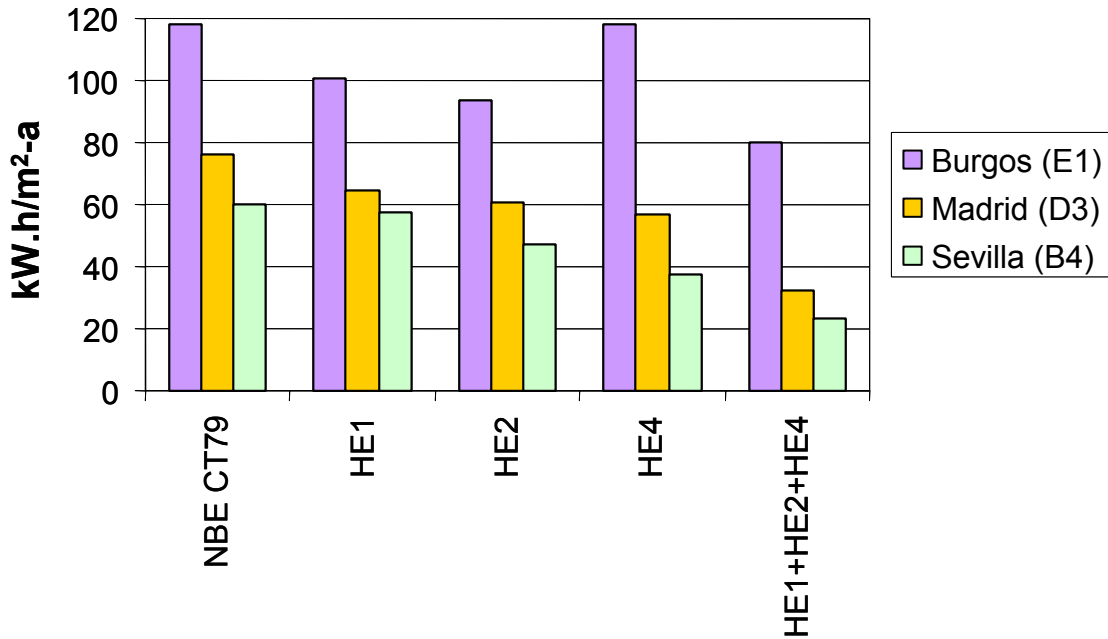


Figura-74: Previsión del efecto de las distintas medidas propuestas por la E4 sobre el parque de bloques de vivienda (edificios nuevos), en tres emplazamientos climáticos según los resultados de la Ref[6].

10. Conclusiones

1. Tanto el Código Técnico de la Edificación (CTE) como la propuesta de Certificación Energética de Edificios para España presentan serias carencias y limitaciones que hacen recomendable su replanteamiento, a fin de permitir que se conviertan en herramientas útiles para reducir el consumo energético en el sector de la edificación, convergiendo con los objetivos comunitarios (Directiva 2002/91/CE) al igual que están haciendo otros países de nuestro entorno.

2. Las regulaciones energéticas en España (la existente NBE CT 79 y el futuro CTE) introducen una discriminación negativa de los límites de consumo permitidos con la compacidad del edificio, que manda una señal incorrecta al sector de la construcción al no desincentivar los diseños que conducen a un consumo energético total (operación + embodied energy) excesivo y alejado del óptimo disponible. En la NBE CT 79, la discriminación introducida en el factor de forma ($dK_G/df < 0$), aunque en la dirección correcta, es insuficiente para evitar una discriminación negativa sobre el consumo energético, conduciendo siempre a $dQ/df > 0$. En el CTE la situación es más desfavorable, porque no hay discriminación alguna sobre los coeficientes de transferencia ($dK_G/df = 0$) por lo que se generan discriminaciones muy negativas sobre los límites de consumo ($dQ/df \gg 0$). En efecto, si se estableciera un límite independiente del factor de forma ($dQ/df = 0$), el diseñador de un edificio determinado podría elegir entre diseños con elevado factor de forma dotados de una gran cantidad de aislamiento para satisfacer el límite legislativo, o diseños con bajo factor de forma que necesitarían menor cantidad de aislamiento para satisfacer el límite legislativo. En estas condiciones es evidente que la opción del diseñador sería la segunda por conducir a la solución de mínimo coste, que al mismo tiempo constituye la solución de mínimo embodied energy (mínimo uso de materiales: aislamiento y resto de cerramientos), por lo que se estaría contribuyendo al objetivo final que debería ser el minimizar el consumo energético total en el sector edificación. Sin embargo, con la discriminación introducida ($dQ/df > 0$) esta señal no llega al sector de la construcción, con lo que el diseñador puede elegir la opción con elevado factor de forma por no conducir a una penalización económica, por lo que la vivienda consume más energía de operación (mayor valor permitido de consumo energético), y además emplea más materiales (aislamiento y otros cerramientos), por lo que el consumo energético asociado al embodied energy también es superior. A nuestro entender deberían suprimirse completamente estas discriminaciones negativas con respecto al factor de forma para que la legislación genere las señales adecuadas destinadas al sector de la construcción que permitan dirigir este hacia la sostenibilidad.

Por otro lado, la discriminación por factor de forma actual puede venir a cubrir la necesidad de establecer un tratamiento más equitativo entre edificios de tamaño muy dispar. En efecto, una vivienda unifamiliar siempre tendrá un factor de forma mayor que un bloque con un gran número de viviendas. En el caso de que se considere necesario introducir esta discriminación, proponemos que se formule directamente con la variable primaria que se intenta reflejar, esto es el tamaño (área útil del edificio) en lugar de hacerlo a través del factor de forma que lleva al sin sentido anteriormente comentado.

3. El uso del concepto de *edificio de referencia* variable para la regulación y certificación energéticas debería ser eliminado, por no permitir una correcta valoración energética del edificio, poder encubrir edificios de elevado consumo energético, realizar una discriminación negativa de soluciones constructivas con potencial de ahorro energético y no permitir que la certificación energética cumpla su objetivo de impulsar el sector de la construcción hacia consumos de energía inferiores a los regulados.

4. Tanto la regulación energética como la certificación energética deberían estar basadas en la valoración del consumo de energía primaria (kW.h/m²-año). Este es el único indicador coherente con los planteamientos de la Directiva 2002/91/CE, y el único que permite una correcta valoración del impacto energético del edificio en cuestión.

5. El Código Técnico de la Edificación, respecto a la normativa actual (NBE CT 79), no representa una mejora en cuanto a los niveles de demanda energética para calefacción permitida. De hecho, es fácil encontrar casos en los que el CTE represente un incremento significativo en el nivel de demanda energética permitida del edificio. En este informe presentamos resultados de evaluaciones de demanda energética para calefacción (transmisión) en los que el CTE representa un incremento de más del 50 % en el nivel de demanda permitido respecto a la NBE CT 79 (vivienda unifamiliar con $f = 1 \text{ m}^{-1}$). En general, en los casos analizados, el CTE sólo representa una mejora respecto a la NBE CT 79 para $f < 0,4 \text{ m}^{-1}$, mientras que para $f > 0,4 \text{ m}^{-1}$ (esto es, la inmensa mayoría de viviendas), el CTE representa un incremento de la demanda energética para calefacción permitida, siendo tanto mayor la diferencia con la NBE CT 79 cuanto mayor el factor de forma (en viviendas unifamiliares el CTE representa un gran incremento en el consumo energético permitido). Esta situación, lejos de corregir las carencias de la legislación actual y hacernos converger hacia las normativas existentes en otros países europeos, nos aleja mucho más de este objetivo. En este sentido, el CTE es completamente opuesto a los objetivos de la Directiva de eficiencia energética en los edificios (2002/91/CE), por lo que no debería ser implementado.

6. Tanto la NBE CT 79 como el CTE presentan unos niveles de consumo para calefacción permitidos mucho más elevados que los existentes en otros países europeos de mayor severidad climática hacia los que deberíamos converger. Así, para una vivienda unifamiliar aislada ($f = 1 \text{ m}^{-1}$), la NBE CT 79 permite un consumo energético en nuestro país que puede llegar a ser de 210 kW.h/m²-año, mientras que el CTE permite un consumo límite de más de 255 kW.h/m²-año (al implementar un diseño de mayor factor de forma, el consumo permitido puede subir hasta 350 kW.h/m²-año). A modo de comparación, la normativa alemana de 1995, al igual que la normativa sueca, establecía un nivel de consumo máximo permitido para calefacción de 100 kW.h/m²-año. El esquema de certificación energética alemán Passiv Haus establece un nivel máximo de consumo permitido de 15 kW.h/m²-año.

7. La existencia de dos herramientas informáticas distintas para la regulación energética (LIDER) y la certificación energética (CALENER), junto a la existencia de dos opciones (simplificada y general) en la regulación energética que permiten obviar el uso de la herramienta de simulación, y a las limitaciones de dichas herramientas informáticas, conducen a una despreciable integración del análisis energético de las viviendas en el proceso de diseño y definición de una vivienda, haciendo por tanto que no nos podamos beneficiar del potencial de ahorro energético asociado. Por tanto, nos parecería más adecuado que tanto para la regulación como para la certificación energéticas se pudiera usar la misma herramienta informática, que no se establecieran tantas limitaciones sobre la capacidad de cálculo de dicha herramienta, y que su uso fuera necesario en cualquier edificio, tanto si aspira a una certificación como si únicamente pretende justificar la regulación. Esta situación potenciaría la incorporación de diseños de bajo consumo energético al permitir la valoración energética de los distintos conceptos desde el inicio de la definición del edificio, permitiendo así acercarse mucho más a los objetivos de la Directiva 2002/91/CE, y proporcionado además una rentabilidad muy superior al sector de la edificación por proporcionarle un criterio técnico-económico cuantitativo para basar sus decisiones, y poder amortizar su formación energética en cualquier otro país (en lugar de quedarse limitada a España y con una formación muy inferior).

8. La propuesta de normativa española para regulación y certificación energética impone el uso de dos herramientas informáticas con prestaciones limitadas e incapacidad para valorar correctamente distintas soluciones constructivas de edificios y sus sistemas con potencial de ahorro energético. Además ninguna de estas herramientas proporciona información cuantitativa sobre las actuaciones energéticas del edificio y sus sistemas a lo largo de todo el año. Por tanto, más que potenciar la incorporación del análisis energético dentro del sector de la edificación, la imposición de estas dos herramientas va en la dirección contraria, pues agota los recursos humanos disponibles para incorporar estas herramientas. A nuestro juicio sería más apropiado permitir y potenciar el uso de herramientas de simulación energética que permitieran una correcta valoración energética del edificio y cuyos resultados pudieran ser empleados tanto para la regulación energética como para la certificación, además de para cuantificar las decisiones con impacto energético en el diseño del edificio y sus sistemas.

9. Los procesos de regulación y certificación energética de viviendas deberían, para ser efectivos, estar sometidos a un mayor control que el actualmente ejercido por el correspondiente Colegio Oficial de Arquitectos durante el visado del proyecto. En efecto, tanto las divergencias entre lo proyectado y lo realmente ejecutado, como la falta de control sobre la justificación en fase de proyecto hacen que el parque de edificios ejecutados según la NBE CT 79 presenten un consumo energético superior al permitido por dicha normativa.

10. La reciente Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (E4), en su documento sectorial de la edificación presenta grandes carencias tanto en el desconocimiento de la contribución del sector en el consumo energético (identificación situación de partida), como en la proyección de dicha demanda energética de cara al futuro, y por consecuencia en la cuantificación del ahorro que es posible alcanzar en el sector mediante la introducción de las medidas propuestas, que fundamentalmente es la aplicación del CTE. A la vista de las limitaciones anteriormente comentadas sobre el CTE es cuestionable el que su aplicación pueda conducir a un significativo ahorro energético, pero en cualquier caso, en la base de la propuesta de una nueva regulación y de las medidas por ella impulsadas debería haber un análisis bastante más serio y profundo que el presentado en la E4 que permitiera una clara evaluación del estado actual y del efecto de las medidas propuestas. Es más, la realización de dicho análisis debería haber sido previa incluso a la propuesta de la nueva regulación para poder fundamentarla adecuadamente, y no varios años posterior como ha sido la E4. Por otro lado, la certificación energética de viviendas, con todo su potencial para introducir medidas de ahorro energético en el sector de la edificación, no aparece considerado para nada en la E4, a pesar de existir una propuesta prácticamente definitiva con varios años de antelación a la E4.

Esta situación evidencia la necesidad de que la nueva regulación (CTE) y la certificación energética de viviendas (CALENER) sean reestructuradas para orientarlas a unos objetivos concretos, y que introduzcan unos mecanismos y procedimientos que permitan un claro seguimiento de el grado de cumplimiento de los mismos. A este respecto es fundamental que el indicador en que se basen tanto la regulación como la certificación sea la cuantificación del consumo en kW.h/m²-año en lugar de los conceptos de edificio de referencia variable actualmente implementados, lo cual permitiría en un futuro evitar la bochornosa situación mostrada en la E4 de incapacidad de valorar la situación actual, así como orientar a unos objetivos concretos los requerimientos legislativos con herramientas para poder evaluar su impacto.

La E4 infravalora mucho la importancia energética del sector de la edificación en nuestro país, especialmente en las proyecciones de futuro, y no proporciona mecanismos suficientemente cuantificados para reconducir la evolución del sector de la edificación hacia la sostenibilidad.

11. En definitiva, creemos que es preciso modificar el CTE para:

- Obtener una normativa que represente un incremento significativo de exigencia en cuanto a demanda energética respecto a la NBE CT 79, y no un empeoramiento como viene a suponer en ocasiones la propuesta actual.
- Realizar una valoración energética en la que se integran el edificio y sus sistemas de climatización, incorporando los efectos de la interacción dinámica entre ambos.
- Para evitar empeoramientos encubiertos como en la actual propuesta de CTE, y para proporcionar una medida directa de las actuaciones energéticas del edificio que permita la comparación entre distintas opciones, así como para estar en la línea de la Directiva 2002/91/CE, es preciso que la normativa destinada a limitar el consumo energético de

los edificios se exprese directamente en kW.h/m²-año. Este límite debería estar referido a consumo de energía primaria no renovable e incorporar los consumos asociados a calefacción, refrigeración, ACS e iluminación a lo largo de todo el año. Además, el análisis energético debería extenderse al ciclo de vida del edificio, incorporando por tanto su 'embodied energy'.

- Eliminar las discriminaciones negativas por compactidad y clima. En este sentido, la propuesta es que se disponga de un único límite de consumo permitido expresado en kW.h/m²-año independientemente de la compactidad del edificio y de la zona climática en que se ubique. En caso de considerarse estrictamente necesario podría introducirse una discriminación por tamaño (superficie útil), aunque nuestra propuesta pasaría por eliminar incluso esta discriminación.
- Eliminar el concepto de edificio de referencia o dejarlo relegado a una información adicional a proporcionar junto a la valoración vinculante en términos de kW.h/m²-año de energía primaria consumidos por el edificio objeto.
- Obtener una normativa que potenciara la incorporación de herramientas de análisis energético en el sector de la edificación, que permitieran una correcta valoración energética de las distintas opciones constructivas, incluyendo las soluciones bioclimáticas y las basadas en sistemas de energía renovable activos.
- Esta herramienta de simulación energética debería poder ser común al proceso de certificación energética para englobar ambos dentro del análisis energético del edificio, facilitando por tanto el paso del cumplimiento de la normativa a la búsqueda de una certificación distintiva de una mejor práctica constructiva que el nivel regulado.
- No se deberían introducir restricciones sobre la herramienta de simulación energética que impidan el uso de las herramientas con una mayor capacidad de simulación y por tanto de valorar correctamente los distintos conceptos energéticos.

12. Respecto a la propuesta de certificación energética:

- Necesidad de modificar el enfoque de la calificación para proporcionar una cuantificación del consumo (kW.h/m²-año energía de operación primaria no renovable y embodied energy: Análisis en ciclo de vida) en lugar de exclusivamente una valoración cualitativa (estrellas). Esto se requiere por un lado para ajustarse tanto a los requerimientos de la 2002/91/CE como a los planteamientos de otras propuestas europeas de etiquetado, y por otro para que el etiquetado permita diferenciar claramente entre dos edificios con una cuantificación de sus implicaciones energéticas. Para ello es necesario introducir ligeras modificaciones en el procedimiento de certificación que impongan unas condiciones de contorno tipo bajo las cuales se valore energéticamente el edificio (al igual que con otros productos como coches o electrodomésticos).
- Eliminar el concepto de edificio de referencia variable sobre el que descansa la certificación, relegándolo si se quiere a una información

- adicional a la de la cuantificación del consumo energético, en la línea indicada por la 2002/91/CE.
- Eliminar las restricciones de cálculo impuestas sobre la herramienta CALENER respecto a las del motor de cálculo base (DOE 2.2), para poder aprovechar su potencial de cálculo y para poder disponer de los resultados cuantitativos de las simulaciones (consumos energéticos en kW.h/m²-año).
 - Facilitar e incentivar el uso en el proceso de certificación de herramientas de cálculo distintas al método de cálculo oficial (CALENER), con un potencial de modelado y de valoración energética superiores a los del CALENER. De esta forma, no sería la herramienta de cálculo la que limitara conceptos o sistemas con potencial de ahorro energético por su incapacidad de modelarlos o valorarlos correctamente.
 - Introducir un mayor control sobre el proceso de certificación que el que actualmente se ejerce sobre el cumplimiento de la NBE CT 79.
 - En la medida de lo posible incorporar seguimiento de la materialización del proyecto en la vivienda definitiva y certificación sobre vivienda ya construida, en línea de lo realizado en la Certificación Energética del País Vasco.
 - Incorporar en el proceso de certificación requerimientos concretos de repetición periódica, y la necesidad de acompañar el certificado actual con un plan de actuaciones energéticas proponiendo y valorando técnico-económicamente la incorporación de medidas destinadas a aumentar la eficiencia energética de los edificios y sus sistemas, en línea de la certificación de edificios existente en Dinamarca.
 - Extender a los edificios ya existentes el procedimiento de certificación, con especial hincapié en el plan de actuaciones energéticas para potenciar la incorporación de medidas de ahorro en estos edificios.

11. Referencias

1. Predac project, *'Guide for a building energy label'*, 2003
2. Laustsen J., Lorenzen K., *'Danish experience in energy labeling of buildings'*, OPET network, September 2003
3. CADEM, *'Certificación de Eficiencia Energética de Edificios, Sector Residencial'*, Enero 2002
4. CADEM, *'Certificación Energética de Edificios'*, DYNA, Marzo-Abril 2004
5. Ministerio de Economía, *'Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012: E4'*, Noviembre 2003
6. Ministerio de Economía, *'Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012: Sector Edificación'*, Noviembre 2003
7. García-Casals X., *Análisis Técnico-Económico y de Sostenibilidad (Embodied Energy) del BTC como solución Bioconstructiva en la Comunidad de Madrid*, Informe interno del IIT (IIT-03-0641), Octubre 2003