

Escala de calificación energética

Edificios de nueva construcción



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE VIVIENDA



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO



Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Edificios

Escala de calificación energética

Edificios de nueva construcción

TÍTULO DE LA PUBLICACIÓN

Escala de calificación energética para edificios de nueva construcción

CONTENIDO

Esta publicación ha sido redactada por AICIA –Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla– para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Ministerio de Vivienda, con el objetivo de mostrar el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad.

.....

Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE, en la serie “Calificación de Eficiencia Energética de Edificios”.

Está permitida la reproducción, parcial o total, de la presente publicación, siempre que esté destinada al ejercicio profesional por los técnicos del sector. Por el contrario, debe contar con la aprobación por escrito del IDAE, cuando esté destinado a fines editoriales en cualquier soporte impreso o electrónico.

.....

IDAE
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
C/ Madera, 8
E-28004-Madrid
comunicacion@idae.es
www.idae.es

Madrid, mayo de 2009

Índice -

1 Antecedentes	5 -
2 Elementos de la certificación	9 -
2.1 Indicadores energéticos	11 -
2.2 Grado de similitud	12 -
2.2.1 Edificios destinados a vivienda	12 -
2.2.2 Edificios no destinados a vivienda	13 -
2.3 Directrices para elaborar la escala de calificación	14 -
3 Escala de calificación para edificios destinados a vivienda	15 -
3.1 Determinación del escenario de comparación	17 -
3.1.1 Selección de edificios	17 -
3.1.2 Obtención de los indicadores energéticos de edificios - que cumplen la reglamentación vigente en 2006	18 -
3.1.3 Caracterización y expresión matemática de los escenarios - de comparación	20 -
3.2 Obtención de los límites de la escala	24 -
3.2.1 Situación en la escala del indicador ($I_{Reglamentación}$)	24 -
3.2.2 Anchos de las clases	24 -
3.3 Normalización de los escenarios (Indicadores de Eficiencia Energética - e Índices de Calificación Energética) y de los límites de la escala	26 -
3.4 Asignación de clases mediante los índices de calificación energética	29 -
3.5 Posible extensión a edificios existentes	30 -
3.6 Calibración de programas alternativos	32 -
4 Escala de calificación para edificios no destinados a vivienda	35 -
Anexos	39 -
Anexo I Procedimiento final de obtención de las clases de eficiencia - para edificios destinados a vivienda	41 -
1.1 Introducción	41 -
1.2 Valores de los indicadores de comportamiento energético de - referencia para localidades capitales de provincia (columna 2)	42 -
1.3 Emisiones de CO ₂ y consumo en energía primaria para el servicio - de agua caliente sanitaria de referencia	45 -
1.4 Tablas con las dispersiones de los indicadores de eficiencia - energética (columna 4)	45 -

Anexo II Ejemplo de obtención de los límites entre clases para elaborar - la etiqueta	47 -
II.1 Introducción	47 -
II.2 Valores de R.....	47 -
II.3 Valores de los indicadores de eficiencia energética en - los límites entre clases.....	48 -
II.4 Valores de referencia	48 -
II.5 Límites entre clases para demanda de calefacción.....	48 -
II.5 Límites entre clases para demanda de refrigeración	49 -
II.6 Límites entre clases para emisiones de calefacción.....	49 -
II.7 Límites entre clases para emisiones de refrigeración	49 -
II.8 Límites entre clases para emisiones de agua caliente sanitaria . . .	49 -
II.9 Límites entre clases para emisiones totales	50 -
II.10 Límites entre clases para consumo en energía primaria - de calefacción	50 -
II.11 Límites entre clases para consumo en energía primaria - de refrigeración.....	51 -
II.12 Límites entre clases para consumo en energía primaria - de agua caliente sanitaria	51 -
II.13 Límites entre clases para consumo en energía primaria total	51 -
II.14 Resumen de los límites entre clases para viviendas - unifamiliares en Madrid	52 -
Anexo III Valores de indicadores de comportamiento energético - de referencia para otras localidades	53 -
III.1 Demanda de calefacción y demanda de refrigeración - de referencia (cuadros 2.1 y 2.2)	53 -
III.2 Emisiones de calefacción de referencia (cuadro 2.3)	55 -
III.3 Emisiones de refrigeración de referencia (cuadro 2.4).....	55 -
III.4 Emisiones para agua caliente sanitaria de referencia - (cuadro 2.5)	55 -
III.5 Emisiones totales de referencia (cuadro 2.6).....	55 -
III.6 Consumo en energía primaria de calefacción de referencia - (cuadro 2.7)	56 -
III.7 Consumo en energía primaria de refrigeración de referencia - (cuadro 2.8)	56 -
III.8 Consumo en energía primaria para agua caliente sanitaria - de referencia (cuadro 2.9)	56 -
III.9 Consumo en energía primaria total de referencia (cuadro 2.10) . . .	56 -

1

Antecedentes

El Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción, establece que el certificado de eficiencia energética contendrá, entre otras cuestiones, la calificación energética del edificio expresada a través de una etiqueta energética. Mediante esta etiqueta, los edificios se clasificarán energéticamente dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Para el diseño de la etiqueta energética en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se han tenido en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y en particular la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 “Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”(versión diciembre 2005).

Dicho documento, preparado por el Comité Técnico CEN/TC 89 desarrolla, entre otros, los aspectos de la Directiva 2002/91/CE relativos a la escala de calificación energética.

En él se establece que el instrumento objetivo para comparar y evaluar el comportamiento energético del edificio frente al comportamiento de edificios similares es la denominada escala de comportamiento o escala de calificación.

La clase de eficiencia que corresponde a cada edificio se obtiene a partir de los denominados indicadores de comportamiento energético.

En el Anexo B (informativo) del citado documento se propone un procedimiento para establecer los límites de las clases de eficiencia en base a 3 indicadores energéticos:

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

2

Elementos de la certificación

El desarrollo de un procedimiento de certificación requiere tomar decisiones a tres niveles:

- a) El indicador energético usado para comparar los edificios.
- b) El grado de similitud que existe entre los edificios que se comparan.
- c) La escala de calificación que indica los términos en los que se comparan los edificios.

2.1 INDICADORES ENERGÉTICOS

Se establecen un indicador energético principal y varios complementarios.

El indicador energético principal es el dado por las:

- -Emisiones anuales de CO₂, expresadas en kg por m² de superficie útil del edificio.
- -Energía primaria anual, en kWh por m² de superficie útil del edificio.

Estos dos indicadores se obtienen de la energía consumida por el edificio para satisfacer las necesidades asociadas a unas condiciones normales, tanto climáticas como de funcionamiento y ocupación.

Como indicadores energéticos complementarios (también en base anual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio) se tienen:

- -Desglose de las emisiones de CO₂ para los servicios principales del edificio.
- -Desglose del consumo de energía primaria para los servicios principales del edificio.
- -Energía demandada por el edificio para cada uno de sus servicios principales.

Los indicadores complementarios permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento del edificio y proporcionan, por tanto, información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer medidas que mejoren dicho comportamiento.

Para edificios de nueva construcción los indicadores energéticos se obtendrán a partir de una metodología de cálculo que, con carácter general, integre los elementos considerados en el Anexo de la Directiva 2002/91/CE, que en síntesis son:

- La disposición y orientación del edificio.
- Las características térmicas de la envuelta.
- Las características de las instalaciones de calefacción, agua caliente, refrigeración, ventilación e iluminación artificial.

La Directiva pone especial énfasis en los sistemas solares pasivos, protección solar, ventilación natural y otros aspectos relacionados con el uso de energías renovables.

La materialización de la metodología de cálculo podrá hacerse a través del denominado Procedimiento de Referencia o a través de los Procedimientos Alternativos, tal y como se indica en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción.

2.2 GRADO DE SIMILITUD

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la calificación energética de un edificio se hace comparando el comportamiento del mismo con el de otros edificios similares.

Antes de nada hay que precisar el significado del término similar o, en otras palabras, cuál es el grado de similitud que existe entre los edificios que se comparan.

Puesto que el objetivo de la Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios, la comparación debe realizarse en términos que permitan contribuir a alcanzar dicho objetivo. Dicho de otra manera, no se deben introducir en la comparación elementos que no sean controlables por el proyectista y que, por tanto, serán imposibles de mejorar.

Existen diferentes opciones posibles, tales como:

- a) Edificios construidos en el mismo periodo.
- b) Edificios situados en el mismo clima.
- c) Edificios que tengan el mismo uso (viviendas, oficinas, hospitales...).
- d) c + misma compacidad.
- e) c + misma forma y dimensión.
- f) c + misma forma, dimensión, orientación de las fachadas y relación vidrio/muro.
- g) f + mismos sistemas de climatización y de agua caliente sanitaria.

En todos los casos, un edificio se comparará con otros que se encuentren en el mismo clima, estando éste definido en términos del conjunto de variables y zonificaciones climáticas que se definen en las diferentes secciones del documento básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE en adelante).

2.2.1 Edificios destinados a vivienda

Teniendo en cuenta la razonable homogeneidad que existe tanto en lo relativo al tipo de espacios en el interior de las viviendas como en la utilización de los mismos, se ha segregado este sector.

Supóngase que todas las viviendas de un clima dado se compararan entre sí, sin hacerse la distinción mencionada entre unifamiliares y en bloque. Se podría comprobar que para un mismo nivel de exigencia, como por ejemplo el cumplimiento estricto del documento básico HE del Código Técnico de la Edificación, las viviendas en bloque presentan unos resultados del indicador significativamente mejores.

Si esto es así, al hacer la escala se tendría, en principio, que las viviendas unifamiliares serían poco eficientes, mientras que las viviendas en bloque serían muy eficientes. Por otra parte, las posibilidades que tendría una vivienda unifamiliar de convertirse en muy eficiente serían muy escasas; y, al mismo tiempo, las viviendas en bloque alcanzarían con facilidad las mejores letras de la escala. Todo ello contribuiría negativamente a la mejora de la calidad energética de la edificación.

La opción d) plantea el problema de que la división en subclases por compacidades crea discontinuidades que conducen a probables fraudes basados en la ambigüedad de inter-

pretación del concepto de compacidad. Por otra parte, la compacidad, en sí misma, es una opción de diseño que debe ser valorada.

La opción e) plantea una comparación injusta, por cuanto neutraliza, además de la compacidad, otras decisiones de diseño que deben ser valoradas, como son la orientación y el porcentaje acristalado. No obstante, hay que apuntar que estas dos últimas cuestiones están en cierta medida compensadas a través de los valores límite que propone el CTE-HE1 para las mismas.

En definitiva, se ha optado por la opción c), distinguiéndose dos subsectores: viviendas unifamiliares por un lado y viviendas en bloque por otro.

2.2.2 Edificios no destinados a vivienda

Para los demás sectores considerados de manera genérica, no existen patrones repetitivos suficientes que permitan una agrupación posterior. Es decir, no existe homogeneidad suficiente entre los edificios pertenecientes, por ejemplo, al sector de hospitales, como para que se pueda establecer una comparación objetiva entre ellos en términos de eficiencia energética.

Para estos edificios (es decir, todos los que no son edificios destinados a vivienda), el escenario de calificación es el incluido en la opción f). De acuerdo con este escenario, no existen edificios similares al edificio objeto propiamente dicho, sino que el único edificio similar a efectos de comparación es uno ficticio, denominado edificio de referencia, que tiene:

- a) La misma forma, tamaño y orientación que el edificio objeto.
- b) La misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto.
- c) Los mismos obstáculos remotos que el edificio objeto.
- d) Unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta, por un lado, y unos elementos de sombra, por otro, que garanticen el cumplimiento de los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la opción simplificada de la sección HE1–Limitación de demanda energética del CTE.
- e) La misma demanda de agua caliente sanitaria que el edificio objeto.
- f) La contribución solar mínima de agua caliente sanitaria que figura en la sección HE4–Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del CTE.
- g) El mismo nivel de iluminación requerido para el edificio objeto y un sistema de iluminación que cumpla con los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en la sección HE3–Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del CTE.
- h) Un valor estándar del rendimiento medio estacional de cada una de las instalaciones térmicas.
- i) En los casos en que así lo exija el documento básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, una contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica, según la sección HE5 –Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica del CTE.

2.3 DIRECTRICES PARA ELABORAR LA ESCALA DE CALIFICACIÓN

Como se ha visto, la calificación consiste en adjudicar al edificio una clase de eficiencia de entre un grupo de 7 letras que va desde la A (edificio más eficiente) hasta la G (edificio menos eficiente).

Los límites de las clases se establecerán de acuerdo con las siguientes directrices:

- 1 -La escala debe diferenciar claramente los edificios eficientes de los no eficientes. No tendría sentido, por ejemplo, que la mayoría de los edificios estuviera en una sola clase.
- 2 -Debe tener suficiente sensibilidad a las mejoras. Esto se interpreta como que un edificio que haya mejorado suficientemente la calidad de su envuelta y/o de sus sistemas térmicos en relación a los requerimientos mínimos exigidos por el CTE debe tener derecho a ganar una letra. En circunstancias especiales, será posible ganar más de una letra dentro de un contexto de rentabilidad económica.
- 3 -Debe ser posible, para todos los climas, la construcción de edificios que alcancen la clase A. La obtención de la clase A estaría, en cualquier caso, reservada a aquellos edificios singulares con un diseño acertado, un uso significativo de energías renovables y soluciones de eficiencia energética en envuelta y en sistemas, sin que el contexto de rentabilidad económica sea determinante.
- 4 -Debe ser suficientemente estable en el tiempo (debe permanecer invariable durante un periodo de tiempo de, al menos, dos revisiones de la reglamentación).
- 5 -Debe ser consistente con los objetivos últimos de la certificación; es decir, la escala debe ser un instrumento que permita tomar decisiones que conduzcan a cumplir con los compromisos a largo plazo en materia energética y medioambiental.
- 6 -Debe ser única tanto para el Procedimiento de Referencia como para los Procedimientos Alternativos.
- 7 -Aunque la escala se desarrolla en principio para edificios nuevos, debe poder extenderse a los edificios existentes si los estudios pertinentes concluyen en la idoneidad de disponer de una escala única para todo el parque edificatorio.

3

**Escala de calificación
para edificios
destinados a vivienda**

El punto de partida para asignar los límites de las clases de eficiencia en edificios destinados a vivienda es el denominado escenario de comparación, que básicamente es una prognosis de cómo serán los indicadores energéticos de los edificios de vivienda de nueva planta. El rango de valores probable de los indicadores energéticos se subdivide en grupos que constituyen las diferentes clases de eficiencia. Los criterios para la subdivisión siguen las recomendaciones del CEN y satisfacen las directrices mencionadas en 2.3.

3.1 DETERMINACIÓN DEL ESCENARIO DE COMPARACIÓN

Para cada uno de los indicadores energéticos y para cada uno de los grados de similitud identificados, el escenario de comparación se obtiene estimando la situación probable que tendrán los edificios construidos en el año 2006. Las hipótesis realizadas han sido:

- a) Los nuevos edificios destinados a vivienda tendrán una tipología similar a los construidos en el decenio 1991-2000.
- b) La calidad constructiva de su envuelta, a efectos de limitación de la demanda energética, no superará sustancialmente las exigencias expresadas en el CTE-HE1.
- c) El rendimiento de sus sistemas térmicos y la contribución de energías renovables seguirán los mínimos exigidos por el CTE-HE2 y CTE-HE4. En los casos en los que no haya indicaciones precisas se supondrá que se mantienen las tendencias anteriores a la implementación del CTE.
- d) No se considera significativa la contribución de la iluminación artificial.

La obtención de los escenarios de comparación ha comprendido formalmente las siguientes fases:

- 1 - Selección de edificios de viviendas, tanto unifamiliares como en bloque, que representen las tendencias recientes de la construcción en España.
- 2 - Obtención de los indicadores energéticos asociados a estos edificios en diferentes zonas climáticas, suponiendo que se cumple estrictamente el CTE-HE.
- 3 - Caracterización matemática del escenario.

3.1.1 Selección de edificios

A partir de una amplia recopilación inicial de edificios se ha seleccionado una muestra que fuera representativa de acuerdo con las estadísticas del INE (Censos de Población y Viviendas 2001. Resultados Detallados Definitivos. © INE 2004) sobre construcción de edificios de nueva planta y que al mismo tiempo fuera consistente con la recopilación inicial.

La representatividad en relación con las estadísticas del INE se ha basado en la superficie útil (para las viviendas unifamiliares) y en el número de plantas (para los bloques). Los criterios de consistencia frente a la recopilación inicial son la compacidad y el porcentaje de superficie acristalada en relación con la superficie útil.

En total se han seleccionado 14 edificios de viviendas unifamiliares y 11 correspondientes a bloques de viviendas.

3.1.2 Obtención de los indicadores energéticos de edificios que cumplen la reglamentación vigente en 2006

Demanda energética de calefacción y refrigeración

La demanda de calefacción y refrigeración se ha determinado mediante el programa LIDER, utilizando como calidad constructiva de cada edificio la que se derivaría del cumplimiento estricto de los requisitos del HE1 del CTE, con las siguientes modificaciones respecto a la versión inicial utilizada para cumplimentar la opción general de dicha sección:

- a) El periodo de simulación se ha ampliado a todo el año, siendo junio, julio, agosto y septiembre los meses potenciales de la estación de refrigeración, correspondiendo potencialmente los restantes meses a la estación de calefacción.
- b) Las condiciones de operación se han perfeccionado en función de las últimas tendencias de países que se encuentran en fase avanzada de transposición de la Directiva, fundamentalmente en lo que se refiere al periodo de ocupación, consignas de temperatura y estrategias de apertura y cierre de persianas.
- c) Los requerimientos de ventilación se han adaptado a lo prescrito en la sección sobre salubridad HS3 del CTE.
- d) La acumulación de la demanda anual de calefacción y refrigeración correspondiente a cada uno de los espacios se ha realizado únicamente cuando el valor asociado a cada uno de ellos superaba un cierto umbral. Es decir, se contempla la posibilidad de que existan espacios que no requieran calefacción, refrigeración o ninguna de las dos.
- e) Para las localidades de la zona climática 1 se ha supuesto que el edificio no requiere en ningún caso demanda de refrigeración.

La simulación de cada edificio se realiza suponiendo 4 orientaciones diferentes de la fachada principal.

La simulación se ha realizado para las 12 localidades que se incluyen a continuación, correspondiente cada una de ellas a una zona climática:

		Zona Climática de Verano			
		1	2	3	4
Zona Climática de Invierno	A			Cádiz	Almería
	B			Valencia	Sevilla
	C	Bilbao	Barcelona	Granada	Toledo
	D	Vitoria	Zamora	Madrid	
	E	Burgos			

Tabla 1 Localidades en las que se han obtenido los indicadores energéticos

Demanda energética de agua caliente sanitaria

Se ha calculado de acuerdo con las especificaciones de la sección HE4 del CTE sobre porcentaje de demanda cubierta mediante energía solar y utilizando los caudales por ocupante y temperaturas de alimentación del agua fría indicadas en el citado documento y en la Norma UNE-EN 94002:2004.

Se han tenido en cuenta los requerimientos diferentes para ocupantes de viviendas unifamiliares y de bloques de viviendas.

En relación con el número de ocupantes por vivienda se ha considerado una tasa constante de 1 ocupante cada 33.3 m², que se corresponde con el valor medio de ocupación del Censo de Edificación 1991-2000 del INE. A pesar de que la ocupación depende de la superficie útil de la vivienda, se ha decidido no considerar este hecho para no perjudicar innecesariamente a las viviendas con poca superficie útil (ya que los indicadores se expresan por m² de superficie).

Consumos en energía final de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria

Para evaluar los consumos en energía final asociados a las demandas anteriores, se ha supuesto que cada uno de los edificios puede satisfacer las demandas correspondientes mediante diversas alternativas de sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

Los sistemas considerados de calefacción han sido:

- -Sistema con caldera mural individual.
- -Sistema con caldera individual para calefacción y agua caliente sanitaria sin acumulación.
- -Sistema con caldera individual para calefacción y agua caliente sanitaria con acumulación.
- -Calefacción eléctrica individual.
- -Sistema con caldera centralizada.
- -Sistema con caldera centralizada para calefacción y agua caliente sanitaria con acumulación.
- Bomba de calor aire-aire.

Los sistemas considerados de agua caliente sanitaria han sido:

- -Caldera mural individual sin acumulación.
- -Caldera mural individual con acumulación.
- -Termo eléctrico individual.
- -Bomba de calor aire-agua individual con acumulación.

(Las instalaciones centralizadas de producción de agua caliente sanitaria y los sistemas mixtos de calefacción y agua caliente sanitaria están incluidos en la relación de sistemas de calefacción).

En las instalaciones de calefacción y producción de agua caliente sanitaria mediante caldera se contemplan tres tipos diferentes de calderas: estándar, de baja temperatura y de condensación. (Las calderas de baja temperatura y de condensación, debido al rango de potencias de calderas existente en el mercado, se han considerado exclusivamente en las instalaciones de calefacción centralizadas).

Para refrigeración el único sistema considerado es el de equipos autónomos de expansión directa aire-aire, tanto unizona como multizona.

El consumo en energía final asociado a cada sistema se ha obtenido siguiendo el procedimiento y los valores concretos desarrollados para el CEV (Fundamentos Técnicos de la Calificación Energética de Viviendas Cap. 3. IDAE y Ministerio de Fomento. 1999). En dicho documento, el consumo se expresa mediante la demanda energética correspondiente dividida entre el rendimiento medio estacional.

Básicamente, el rendimiento medio estacional se obtiene a partir de los rendimientos nominales, afectándolos de los factores de corrección debidos a la carga parcial y al tipo de regulación.

Los valores de rendimientos nominales mínimos se han obtenido, en su caso, de las normativas correspondientes a cada uno de ellos. Por ejemplo, para calderas se hizo uso del RD 275/1995, de 24 de febrero, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la directiva 93/68/CEE del Consejo.

Los valores de rendimientos nominales posibles o esperables (obviamente superiores a los mínimos), se han obtenido de la gama de productos existentes en el mercado y haciendo uso de normativas existentes en otros países.

Consumos en energía primaria y emisiones de CO₂

Los coeficientes de paso utilizados para pasar de energía final a emisiones de CO₂ se han tomado del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 y del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España.

3.1.3 Caracterización y expresión matemática de los escenarios de comparación

Caracterización de los escenarios de comparación

De los datos incluidos en la estadística del INE sobre edificios de viviendas actuales se ha obtenido:

- -Probabilidad de que cada uno de los sistemas mencionados en el apartado anterior se instale en los edificios de viviendas.
- -Porcentaje en que cada uno de los combustibles disponibles se utiliza realmente.

Con los datos estadísticos anteriores, las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, los rendimientos medios estacionales y los coeficientes de paso de energía final a emisiones de CO₂, se han obtenido los escenarios probables de demandas y emisiones que tendrán los edificios de viviendas que se construirán en 2006 y que cumplan estrictamente con la reglamentación vigente.

De acuerdo con los indicadores seleccionados, para cada localidad se obtienen los siguientes escenarios de comparación:

- -Demandas de calefacción y refrigeración.
- -Emisiones de CO₂ y consumos en energía primaria correspondientes a cada uno de los servicios considerados: calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.
- -Emisiones totales de CO₂ del edificio.

A título de ejemplo se presenta en la figura 1 la distribución en frecuencias que tienen los 14849 valores que conforman el escenario de comparación en emisiones totales de CO₂ de los edificios de viviendas unifamiliares situados en Madrid: en el eje de abscisas se presentan las emisiones totales de CO₂ y en el de ordenadas el porcentaje previsto de superficie útil de viviendas unifamiliares de nueva planta que alcanzará cada uno de dichos valores de emisiones, suponiendo que las viviendas cumplen estrictamente los requerimientos del CTE (que son los establecidos como mínimos por la Directiva en sus artículos 4.1 y 5).

La figura 2 (página siguiente) representa la distribución de frecuencias acumuladas correspondiente a la figura 1.

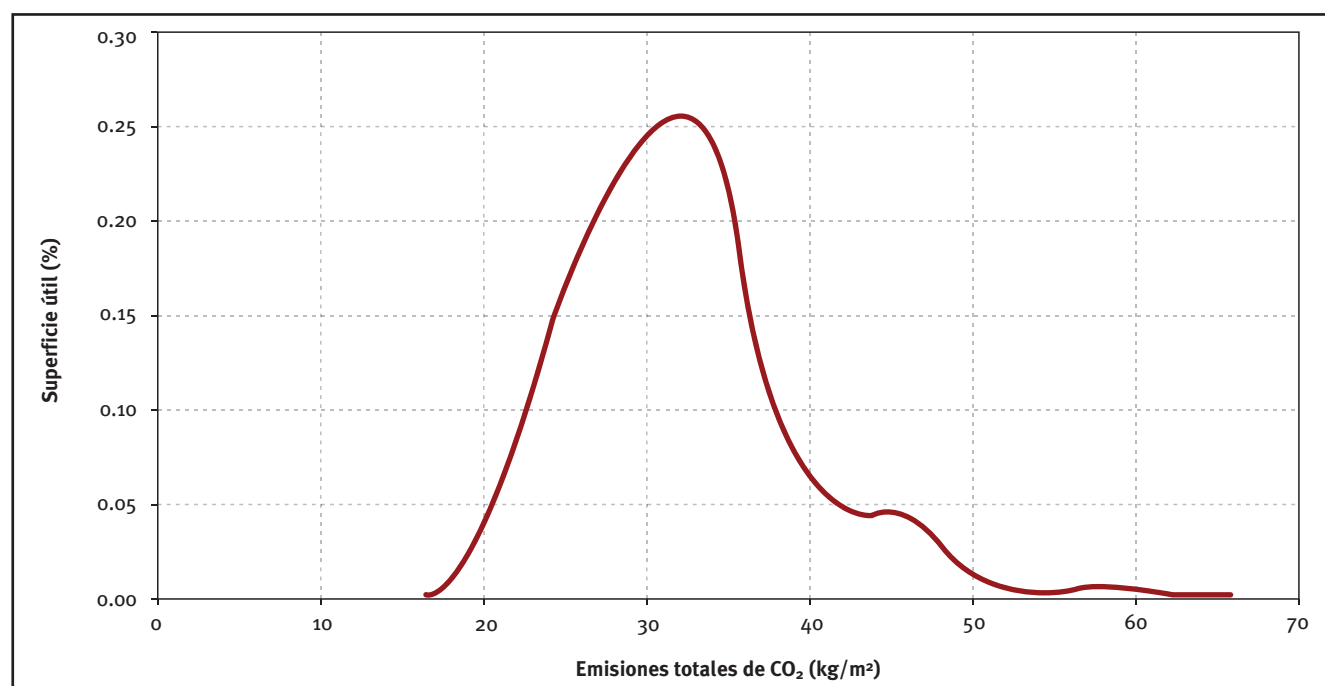


Figura 1 Distribución en frecuencias de las emisiones totales de CO₂ (kg/m²) de los edificios de viviendas unifamiliares situados en Madrid que cumplen estrictamente el CTE-HE

donde:

$$R_{50/10} = \frac{30.25}{20.17} = 1.49, \text{ es el ratio entre el valor de } (I_{\text{Reglamentación}}) \text{ para emisiones de CO}_2$$

y el valor de emisiones de CO₂ de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria correspondiente al percentil del 10% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

$$R_{90/10} = \frac{41.40}{20.17} = 2.05, \text{ es el ratio entre los valores de emisiones de CO}_2 \text{ de los servicios}$$

de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondientes respectivamente al percentil del 90% y al percentil del 10% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación.

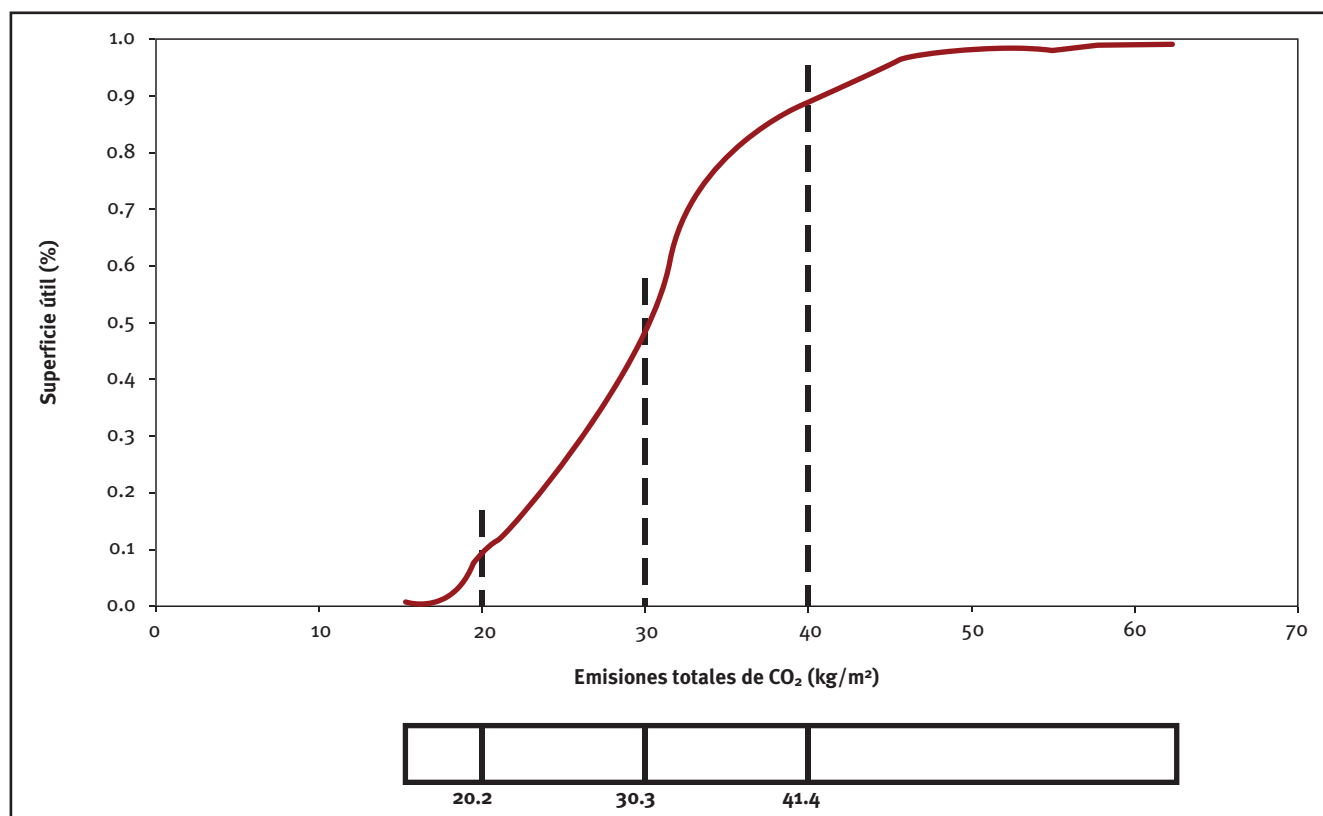


Figura 1 Distribución en frecuencias acumuladas de las emisiones totales de CO₂ (kg/m²) de los edificios de viviendas unifamiliares situados en Madrid que cumplen estrictamente el CTE-HE

La inspección de estas figuras pone de manifiesto:

- -La naturaleza de los requerimientos del CTE hace que las viviendas unifamiliares que los cumplan no tengan un único valor de emisiones sino que se distribuyen alrededor de un cierto rango. Estos edificios, por tanto, no son todos igualmente eficientes en términos del indicador global elegido ni en términos de los indicadores complementarios.
- -El valor asociado al percentil del 50% (30.25 Kg/m²) indica que la mitad de la superficie construida en las condiciones citadas tendrá unas emisiones superiores, mientras que la otra mitad las tendrá inferiores.
- -El valor medio de la distribución, ($I_{Reglamentación}$) = 29.8 Kg/m² es sensiblemente igual al del percentil del 50%, por lo que a efectos prácticos se supondrán ambos coincidentes.
- -Se observa que la distribución no es simétrica respecto al valor medio sino que tiene una desviación que es mayor en la zona de edificios menos eficientes.

El valor medio ($I_{Reglamentación}$) y los ratios $R_{50/10}$ y $R_{90/10}$ constituyen los parámetros característicos y se han tomado por ser esencialmente estables. Se ha comprobado que, en efecto, variaciones razonables obtenidas añadiendo o quitando edificios y/o sistemas y/o rendimientos de equipos y/o tipos de combustible, no arrojan valores para estos parámetros significativamente diferentes a los obtenidos con la muestra elegida.

Expresión matemática de los escenarios de comparación

El análisis de los escenarios de comparación obtenidos sugiere buscar previamente las leyes generales que representan dichos escenarios, con el fin de evitar una casuística interminable a la hora de fijar las escalas. Se pretende, por tanto, encontrar la expresión matemática que los define.

Los resultados encontrados en las variables estadísticas capaces de representar el comportamiento observado del escenario de comparación son únicamente aquellas que toman solamente valores positivos.

De entre ellas, se ha elegido la distribución de probabilidad de Weibull, que pertenece a la familia de Modelos de Valores Extremos y que ha sido utilizada anteriormente en aplicaciones de energética edificatoria.

La distribución de probabilidad de Weibull se expresa con la siguiente ecuación:

$$F = 1 - \exp\left(-\left(\frac{\chi - c_0}{\sigma}\right)^\lambda\right)$$

Para establecer los tres parámetros que la definen es necesario fijar tres puntos por donde queremos que se ajuste y que se obtienen fácilmente a partir de los parámetros característicos, ($I_{Reglamentación}$), $R_{50/10}$ y $R_{90/10}$.

A título de ejemplo, la figura 3 muestra los resultados del ajuste para la demanda de calefacción en Madrid.

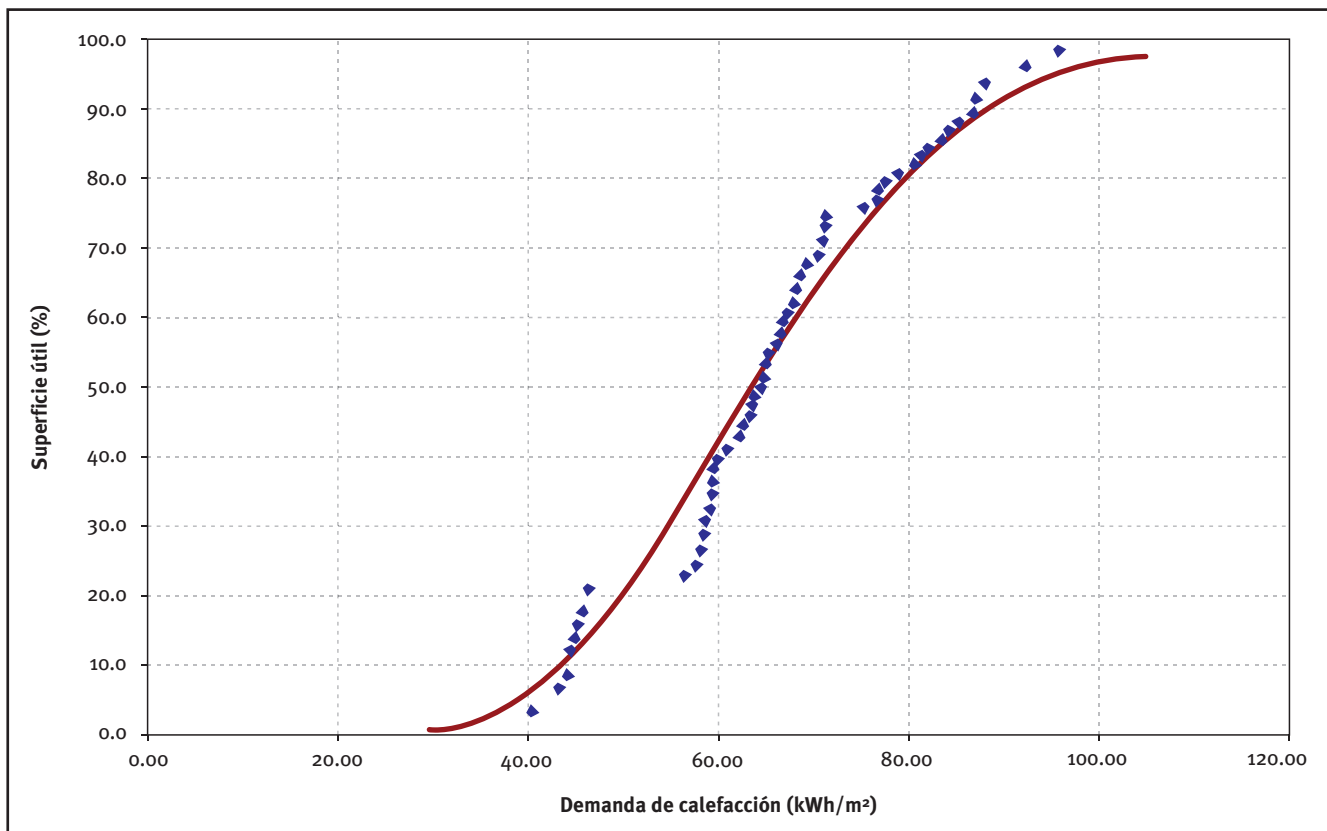


Figura 3 Frecuencia acumulada de la demanda de calefacción en Madrid (puntos) y ajuste mediante la distribución de Weibull (línea continua)

3.2 OBTENCIÓN DE LOS LÍMITES DE LA ESCALA

3.2.1 Situación en la escala del indicador ($I_{Reglamentación}$)

Como se ha dicho anteriormente, en la escala propuesta por el CEN una de las referencias será el denominado ($I_{Reglamentación}$), que indica el valor medio esperado del indicador energético que se asocia a los edificios nuevos que cumplen estrictamente con la reglamentación vigente en enero de 2006.

De acuerdo con lo dicho anteriormente sobre el grado de similitud, en cada clima se tendrán, para cada indicador, dos valores de ($I_{Reglamentación}$) que representarán, respectivamente, los valores promedios del indicador para las viviendas unifamiliares y en bloque.

Se propone que la frontera entre las clases C y D corresponda con el percentil del 40% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados HE1, HE2 y HE4 de la sección HE del Código Técnico de la Edificación. De esta forma, el valor ($I_{Reglamentación}$) se encuentra en la clase de eficiencia D, frente a lo propuesto por el CEN de situarlo entre las clases de eficiencia B y C. El motivo es que adoptando la propuesta del CEN no se estimula suficientemente la mejora de la calidad térmica de la edificación, ya que un porcentaje significativo de edificios entraría en la clase A con un esfuerzo mínimo.

De todo lo anterior se deduce que los edificios nuevos destinados a viviendas que cumplan estrictamente el CTE-HE estarán distribuidos a izquierda y derecha de la frontera entre las clases C y D, teniendo una parte significativa de ellos una de esas dos clases de energía.

No obstante, se contempla la posibilidad de que los más eficientes entren en la clase B; aunque en ningún caso sucedería que edificios que cumplan estrictamente los requisitos mínimos de eficiencia energética del CTE-HE entraran en la clase A.

3.2.2 Anchos de las clases

Nos referimos aquí únicamente a los anchos de las clases B, C y D.

Entendemos que, de acuerdo con la propuesta del CEN, el valor del indicador asociado al límite inferior de la clase A debe ser el cero (0), lo cual significa, según el caso, demanda nula o cero emisiones de CO₂.

Por otra parte, entendemos que el ancho de las clases E y F no precisa de una definición precisa en el contexto del presente documento, ya que no se contempla que haya edificios nuevos que puedan entrar en la clase F.

En la clase E entrarán fundamentalmente edificios existentes, que serán a su vez los únicos que se encuentren en las clases F y G; aunque esto no significa que todos los edificios existentes estén en estas 3 clases, como se verá en el apartado 3.4 de este documento. Obviamente, no es necesario definir en ningún caso el ancho de la zona G.

Sobre cada escenario de comparación, el resultado de aplicar las directrices para elaborar la escala de calificación permite obtener el ancho de las tres clases afectadas (B, C y

D), una vez definido el límite C/D. Aunque existen diferentes posibilidades, se ha elegido la siguiente:

- En las clases C y D estará el 90% de los edificios que cumplan estrictamente el CTE-HE (35% en clase C y 55% en clase D). Del 10% restante, el 5% que representa a los edificios más eficientes estará en la clase B, mientras que el 5% de los edificios menos eficientes estará en la clase E.
- El ancho de la clase B se ha determinado sabiendo que a la clase A deben acceder aquellos edificios que estarían inicialmente en la clase B si hubieran cumplido estrictamente el CTE pero que han experimentado una mejora de su eficiencia energética similar a la que les supone a los edificios de clase C pasar a clase B. El indicador límite entre las clases A y B se ha obtenido suponiendo que el siguiente ratio es constante.

$$\frac{IEE_{B/C}}{IEE_{C/D}} = \frac{IEE_{A/B}}{IEE_{B/C}}$$

- Finalmente, se ha demostrado que ambas mejoras (paso de C a B y paso de B a A) se pueden realizar en un contexto de rentabilidad económica.

La figuras 4 y 5 ilustran los pasos seguidos para establecer el ancho de las clases para la demanda de calefacción de las viviendas unifamiliares en Madrid.

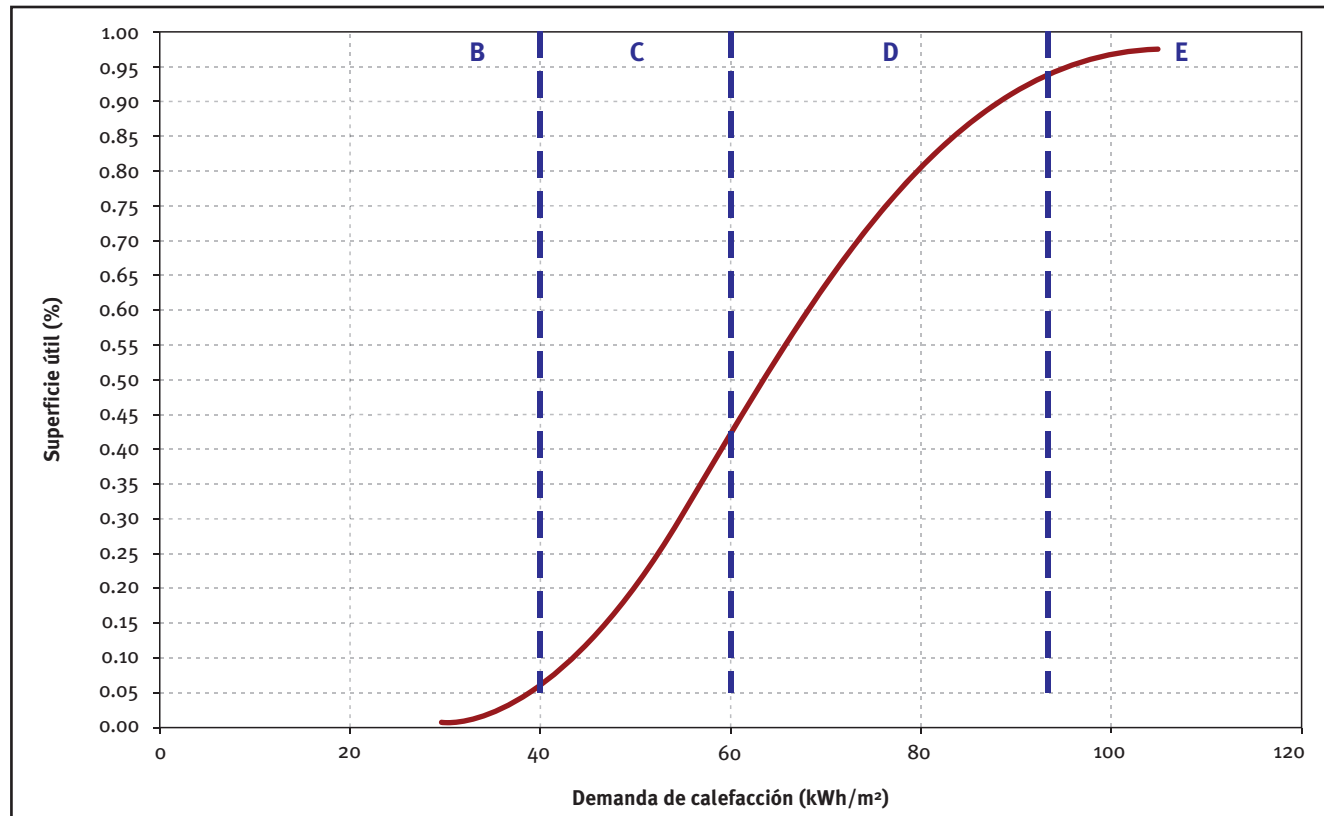


Figura 4 Ancho de las clases C y D

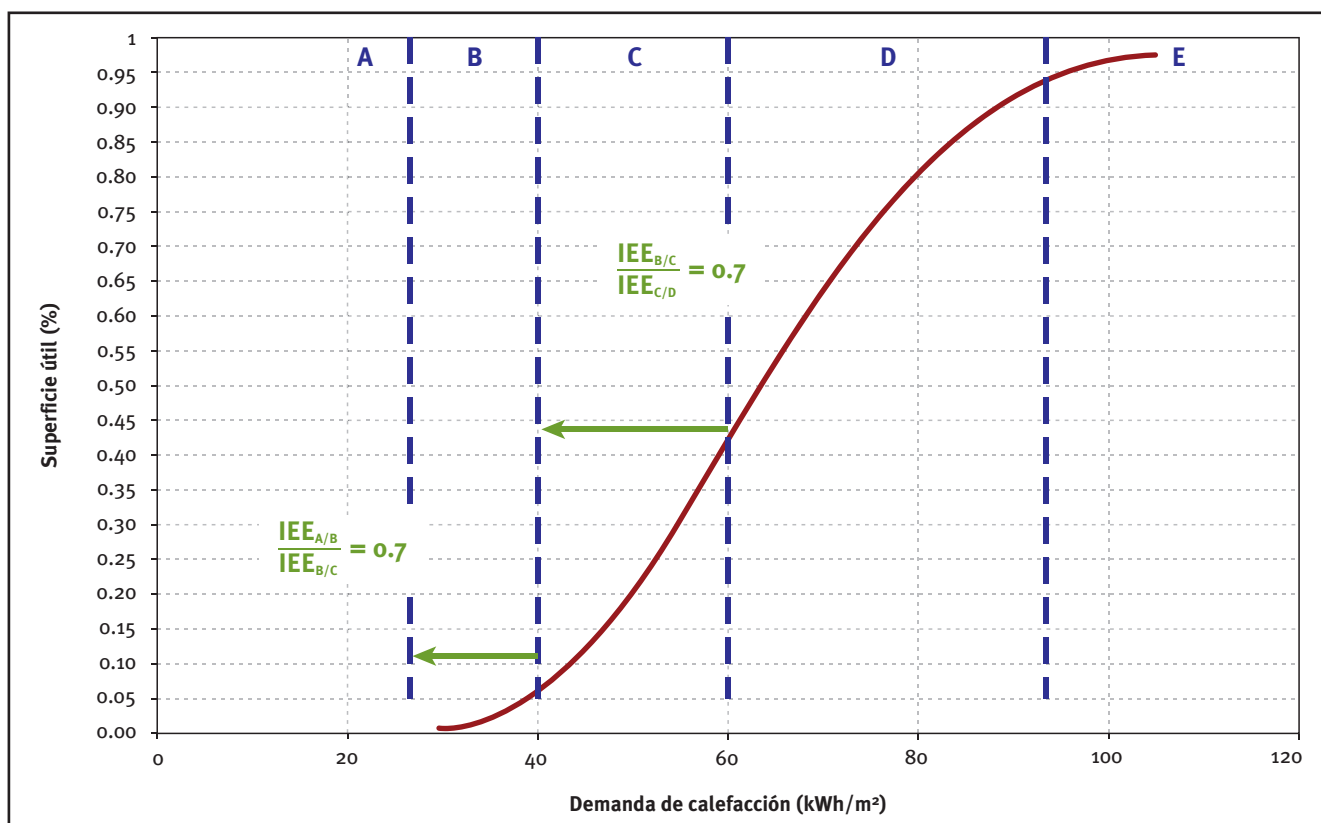


Figura 5 Ancho de la clase B

3.3 NORMALIZACIÓN DE LOS ESCENARIOS (INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E ÍNDICES DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA) Y DE LOS LÍMITES DE LA ESCALA

Aunque con el procedimiento que se ha desarrollado hasta ahora es posible obtener los límites de las clases para todos los indicadores de cada escenario de calificación, en todas las capitales de provincia, la formalización de dichos límites en un texto legal sería extremadamente tediosa. Por otra parte, en aquellas localidades que no fueran capital de provincia no se podría implementar de manera automática la asignación de clases y habría que repetir para cada una de ellas todo el procedimiento.

Por tanto, se ha buscado una forma sistemática de expresar la asignación de las clases a través de la normalización de los escenarios de calificación; es decir, hallando una expresión adimensional de los indicadores energéticos que haga que, en todos los casos, la clasificación se realice mediante unos límites únicos.

Para ilustrar el proceso, supóngase que se toman los escenarios de calificación de la demanda de calefacción en viviendas unifamiliares para 6 de las 12 localidades representativas definidas en 3.1.2. El resultado es el que se muestra en la figura 6.

Para pasar las curvas resultantes a una sola, el CEN propone la normalización con la media de cada curva, es decir, dividiendo cada punto de ellas entre su ($I_{Reglamentación}$). Al resultado de esta normalización se le ha denominado **Indicador de Eficiencia Energética (IEE)**. La figura 7 muestra las distribuciones de frecuencia acumulada del Indicador de Eficiencia Energética correspondiente a la demanda de calefacción ($IEE_{calefacción}^{demanda}$) para las 6 localidades anteriores.

Escala de calificación para edificios destinados a vivienda

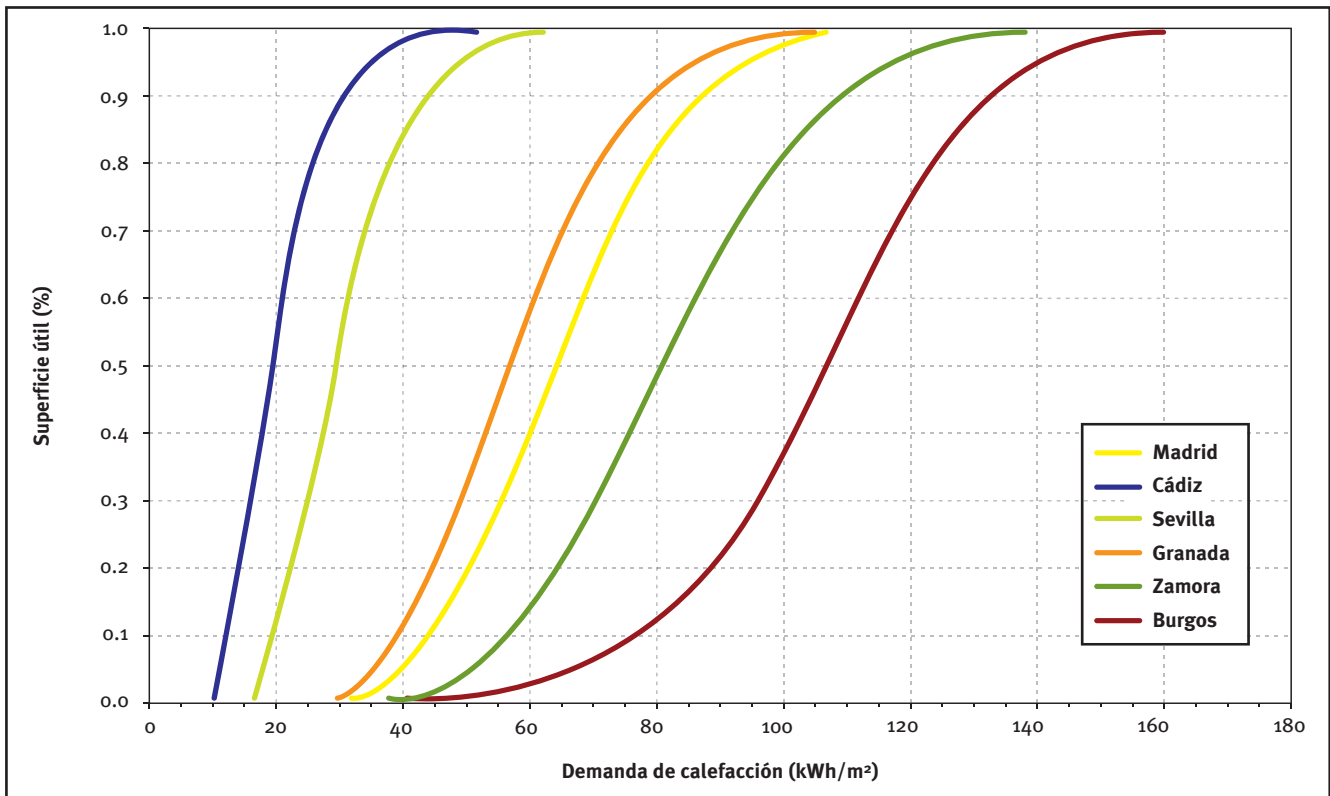


Figura 6 Demanda de calefacción para 6 localidades

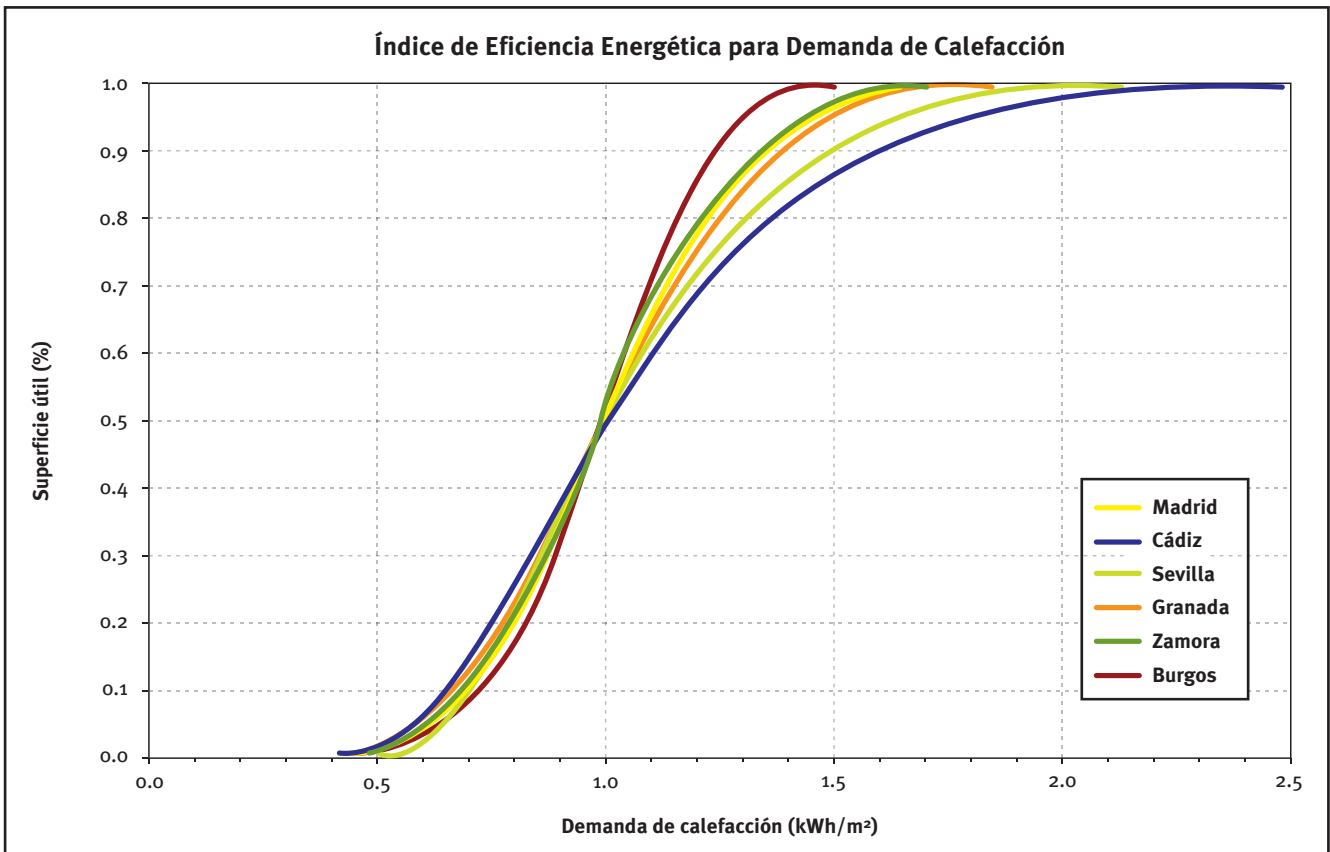


Figura 7 Normalización propuesta por CEN

Se observa en esta gráfica que, si bien todas las curvas coinciden en el punto medio, existe una gran dispersión en el rango, que es mayor a medida que disminuye la severidad climática de invierno. Por tanto, con esta normalización es imposible establecer los límites de las clases de una manera única.

Lógicamente, la normalización tiene que tener en cuenta no sólo el valor de ($I_{Reglamentación}$) sino también los valores que expresan las desviaciones de cada curva en relación con su valor medio; es decir, los ratios $R_{50/10}$ y $R_{90/10}$ que se definieron en 3.1.3.

Aunque existen varias normalizaciones posibles utilizando los tres parámetros característicos, se obtuvo la versión previa siguiente:

$$C_1 = \frac{(IEE \cdot R_{50/10}) - 1}{R_{90/10} - 1} + 0.6$$

que se convirtió finalmente en:

$$C_1 = \frac{(IEE \cdot R_{50/10}) - 1}{2(R_{50/10} - 1)} + 0.6$$

en la que el $R_{90/10}$ se ha eliminado por cuanto existe en todos los casos una dependencia suficientemente estable entre el $R_{90/10}$ y el $R_{50/10}$, y para obligar a que el valor normalizado correspondiente al percentil del 40% fuera siempre la unidad.

Al parámetro de normalización finalmente retenido se le denomina **Índice de Calificación Energética**. Con él y continuando con el ejemplo, se comprueba que las 12 curvas de la demanda

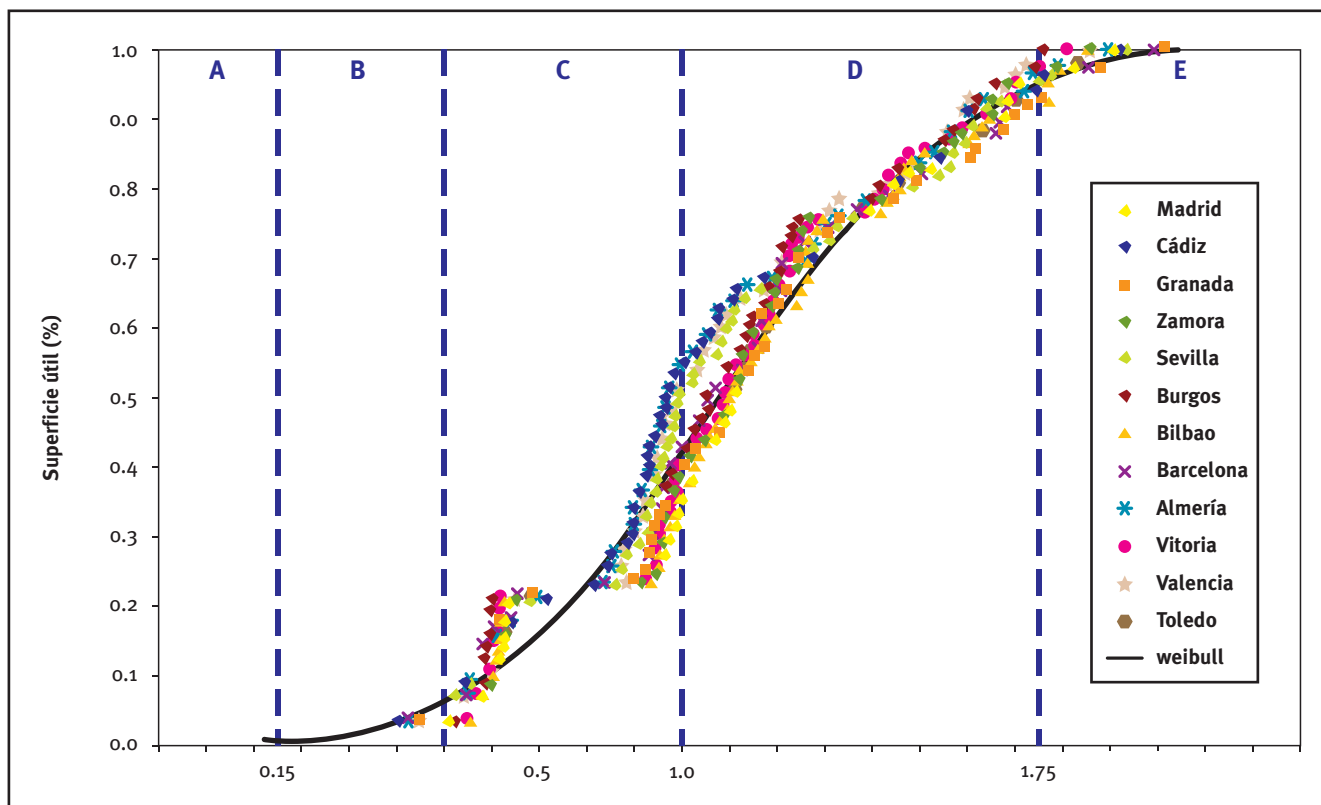


Figura 8 Normalización finalmente utilizada y ajuste con una distribución de probabilidad de Weibull

de calefacción en las 12 localidades de referencia quedarían como se muestra en la figura 8. Sobre estas curvas se ha representado la distribución de probabilidad de Weibull que, como puede apreciarse, se ajusta de manera excelente a los valores normalizados.

El resultado de la normalización y de la distribución de Weibull es igualmente válido para los demás indicadores y para los edificios de bloques de viviendas.

3.4 ASIGNACIÓN DE CLASES MEDIANTE LOS ÍNDICES DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Con la normalización del apartado 3.3 y las consideraciones de los apartados 3.2.1 y 3.2.2, los límites de la escala (ver figura 9) se pueden expresar formalmente a través del indicador energético normalizado que en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción se denomina índice de calificación energética y se expresa lógicamente mediante:

$$C_1 = \frac{(IEE \cdot R) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

donde R es el $R_{50/10}$ del apartado 3.1.

Los límites de la escala en términos de C_1 resultan:

- Clase A si $C_1 < 0.15$
- Clase B si $0.15 \leq C_1 < 0.50$
- Clase C si $0.50 \leq C_1 < 1.00$

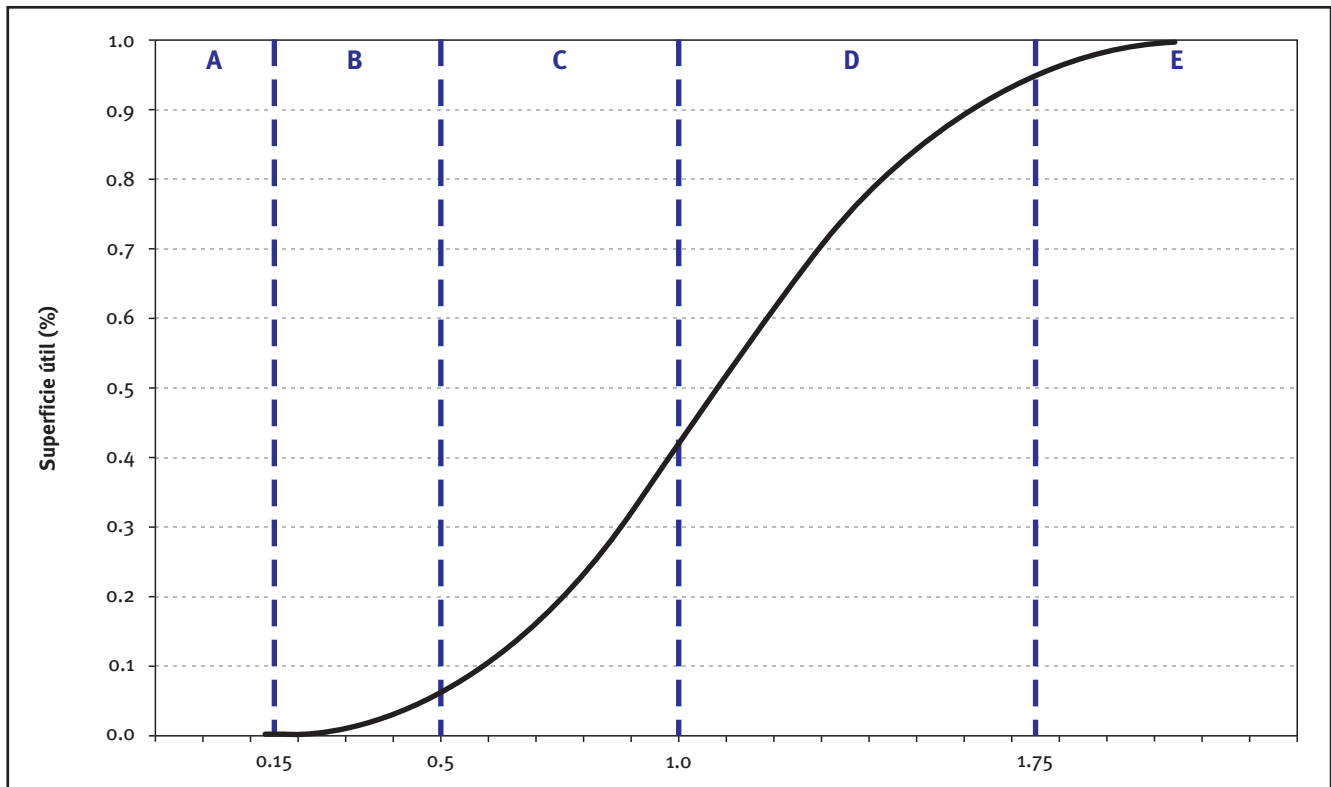


Figura 9 Clases de energía a partir del Índice de Calificación

Clase D si $1.00 \leq C_1 < 1.75$

Para edificios nuevos, la clase E se obtendría para un valor del índice de calificación energética ≥ 1.75 , aunque esta definición se completa en el apartado 3.5.

Esta asignación de clases sirve para todos los indicadores, todos los grados de similitud y todos los climas. El proceso completo de obtención de los índices de calificación con las tablas y valores asociados se encuentra en el Anexo I. En el Anexo II se incluye un ejemplo de desnormalización de los límites de clases para elaborar la etiqueta.

3.5 POSIBLE EXTENSIÓN A EDIFICIOS EXISTENTES

Aunque, como se ha dicho repetidamente, este documento se prepara para edificios nuevos, el procedimiento utilizado para delimitar las clases se puede extrapolar conceptualmente a los edificios existentes.

Para ello, recuérdese que para establecer los límites de las clases de energía el CEN propone 3 indicadores energéticos:

- a) El correspondiente al edificio objeto, I_{objeto} .
- b) El valor medio del indicador correspondiente a edificios similares de nueva planta que sean conformes con la reglamentación vigente en el año 2006, que se ha denominado $I_{Reglamentación}$.
- c) El valor medio del indicador correspondiente a los edificios similares del parque edificatorio existente en el año 2006, que denominaremos I_{stock} .

A través de estimaciones o inspecciones sobre la situación de la envuelta y los sistemas térmicos de edificios existentes construidos en diferentes épocas, podremos obtener la distribución del I_{stock} de los diversos indicadores para dichos edificios. Al igual que para los edificios nuevos, esta distribución vendrá caracterizada por su I_{stock} y por una dispersión, que denominaremos $R'_{50/10}$.

Teniendo en cuenta los criterios de asignación de clases del apartado 3.2 se trataría de establecer, en primer lugar, la situación del I_{stock} en la nueva escala ampliada y fijar luego los límites de las clases de eficiencia que faltan, que serían la E y la F.

Parece lógico que el valor I_{stock} se sitúe en el límite entre las clases de eficiencia E y F (el CEN propone entre las clases D y E), para ser coherentes con el desplazamiento de una letra hacia la derecha que ya experimentó el valor $I_{Reglamentación}$ frente a la propuesta del CEN.

El ancho de la clase E queda automáticamente fijado, por cuanto ya se tenía su límite inferior (a través de los edificios nuevos) y se acaba de fijar su límite superior.

De la clase F ya conocemos su límite inferior. El límite superior se obtendría automáticamente sin más que fijar el porcentaje de los edificios existentes que queremos que pertenezcan a dicha clase. Supóngase, por ejemplo, que dicho porcentaje se fija en el 40%; se tendría así la siguiente situación para el parque existente de edificios de viviendas (obviamente subdivididos en unifamiliares y bloques):

- El 40% de los edificios del parque existente estaría en la clase F.

- El 10% de los edificios estaría en la clase G.
- El 50% restante estaría en principio en las otras 5 clases, aunque mayoritariamente se concentraría en la clase E y en menor medida en la clase D.

Utilizando los criterios de normalización del apartado 3.3 se puede obtener para los edificios existentes un segundo índice de calificación, que denominaremos C_2 y que se expresará mediante:

$$C_2 = \frac{\left(\frac{I_{objeto}}{I_{stock}} R' \right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

donde R' es el ratio entre el valor I_{stock} y el valor de emisiones de CO_2 de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10% del parque de edificios de viviendas existentes en el año 2006.

Dicho índice de calificación tomará el valor unidad en el límite entre las clases E y F por lo que los límites de la escala ampliada se pueden expresar formalmente a través de los índices de calificación energética (C_1 y C_2) mediante (figuras 10 y 11):

Clase A	si	$C_1 < 0.15$
Clase B	si	$0.15 \leq C_1 < 0.50$
Clase C	si	$0.50 \leq C_1 < 1.00$
Clase D	si	$1.00 \leq C_1 < 1.75$
Clase E	si	$C_2 < 1.00$
Clase F	si	$1.00 \leq C_2 < 1.50$

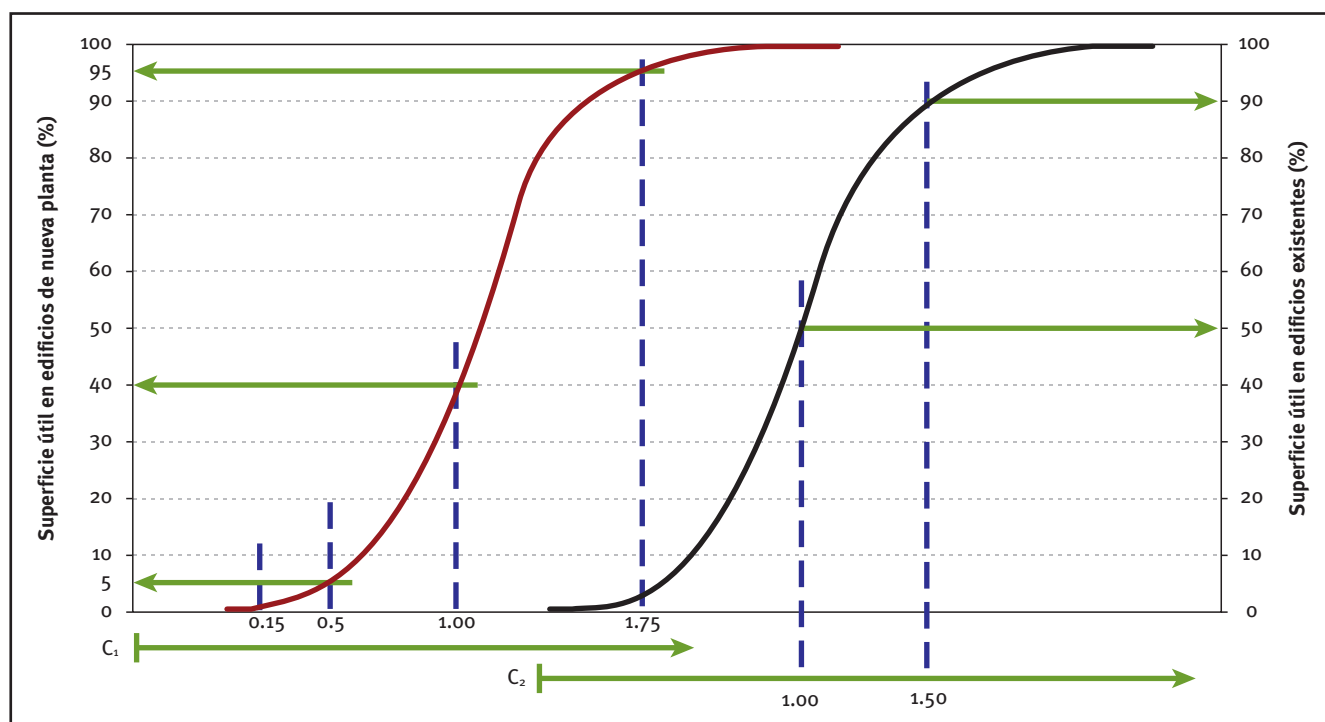


Figura 10 Índices de Calificación C_1 y C_2

Clase G si $1.50 \leq C_2$

Lógicamente, en la clase E únicamente entrarán aquellos edificios cuyo índice de calificación C_2 es inferior a 1 y simultáneamente su índice C_1 es superior a 1.75.

En el caso de edificios existentes destinados a viviendas que se rehabiliten, la escala de calificación anterior sería aplicable y podría estar referida a la totalidad del edificio o a la parte rehabilitada. En caso de que la rehabilitación tuviera lugar antes de la obtención de los valores C_2 y R' la peor calificación que se podría obtener sería la E, al considerar el

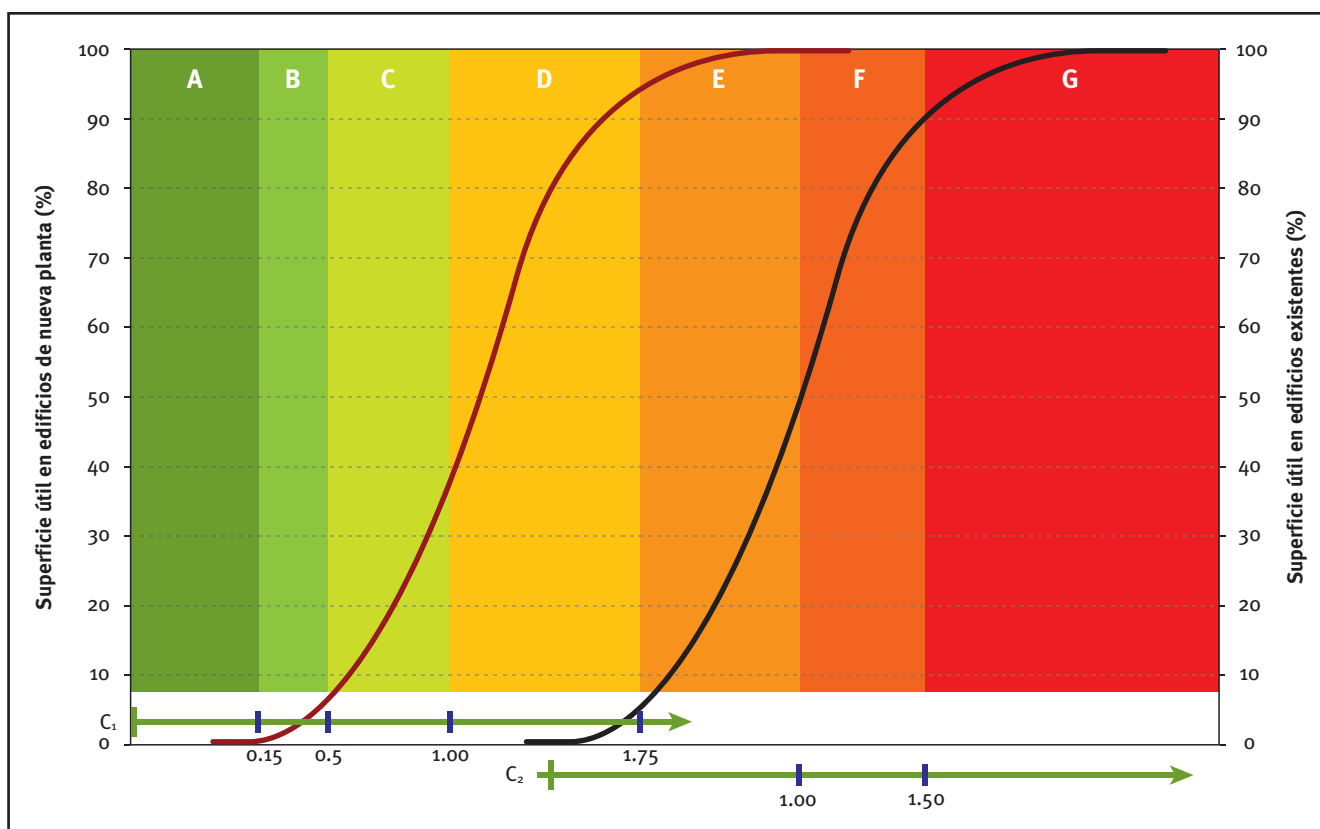


Figura 11 Clases de energía a partir de los Índices de Calificación C_1 y C_2

edificio sometido a los mismos requisitos del CTE que si fuera de nueva construcción.

3.6 CALIBRACIÓN DE PROGRAMAS ALTERNATIVOS

En 2.3 se apuntó que una de las directrices para la realización de la escala es que ésta fuera única tanto para el Procedimiento de Referencia como para los Procedimientos Alternativos.

Es obvio que por mucho acuerdo que se obtenga sobre hipótesis de cálculo, valores por defecto, datos climáticos, condiciones operacionales, etc., los diferentes Procedimientos Alternativos darán en principio resultados diferentes entre sí y en relación con el Procedimiento de Referencia.

Para compaginar este hecho se ha propuesto una “calibración” de los diferentes Procedimientos Alternativos, de forma que se mantenga la escala desarrollada en este documento.

Dicha calibración se basa en la hipótesis de que si bien dos programas diferentes dan en principio resultados diferentes cuando cada uno de ellos se aplica a los mismos edificios, la relación entre los indicadores que cada programa obtiene sobre dichos edificios es sensiblemente parecida. Es decir:

$$\frac{\text{Indicador}_{\text{Edificio 1}}^{\text{Procedimiento 1}}}{\text{Indicador}_{\text{Edificio 2}}^{\text{Procedimiento 1}}} \approx \frac{\text{Indicador}_{\text{Edificio 1}}^{\text{Procedimiento 2}}}{\text{Indicador}_{\text{Edificio 2}}^{\text{Procedimiento 2}}}$$

o bien:

$$\text{Indicador}_{\text{Edificio 1}}^{\text{Procedimiento 1}} = \text{Indicador}_{\text{Edificio 1}}^{\text{Procedimiento 2}} * \left(\frac{\text{Indicador}_{\text{Edificio 2}}^{\text{Procedimiento 1}}}{\text{Indicador}_{\text{Edificio 2}}^{\text{Procedimiento 2}}} \right)$$

La fracción anterior entre paréntesis sería el corrector del procedimiento 2 en relación con el procedimiento 1. Escrito en forma del Procedimiento de Referencia y los Procedimientos Alternativos quedaría:

$$\text{Indicador}_{\text{Edificio Objeto}}^{\text{Procedimiento de Referencia}} = \text{Indicador}_{\text{Edificio Objeto}}^{\text{Procedimiento Alternativo}} * \left(\frac{\text{Indicador}_{\text{Edificio Patrón}}^{\text{Procedimiento Alternativo}}}{\text{Indicador}_{\text{Edificio Patrón}}^{\text{Procedimiento de Referencia}}} \right)$$

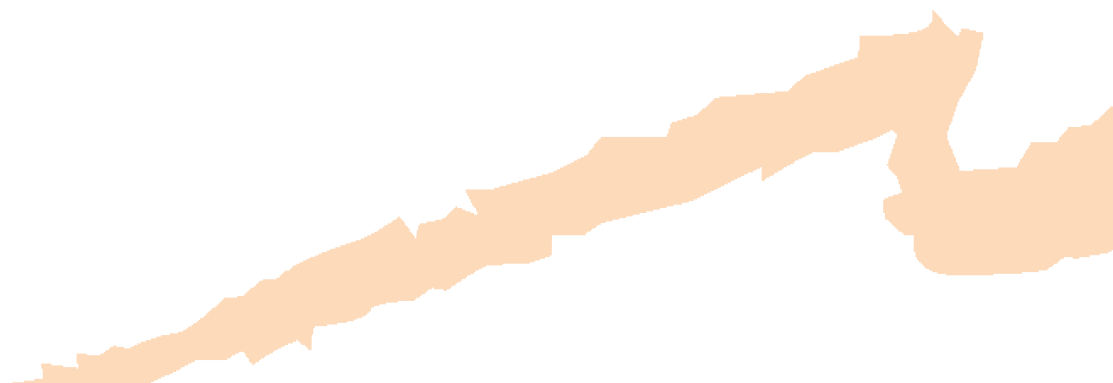
Por consiguiente, cada Procedimiento Alternativo, tras superar su etapa de validación, podrá utilizar la escala de calificación del Procedimiento de Referencia. Una vez obtenidos los indicadores en el Procedimiento Alternativo se corregirán para tener en cuenta la desviación que éstos obtuvieron frente a los del Procedimiento de Referencia.

Los correctores que se establezcan serán en principio distintos para cada indicador energético. Para su obtención no se examinará un único edificio patrón sino que se considerará una muestra tomada de los edificios representativos que se mencionaron en 3.1.1.

Durante el proceso de validación de los Procedimientos Alternativos, se calcularán los correctores asociados a cada uno de ellos.



**Escala de calificación
para edificios
no destinados a vivienda**



Para estos edificios no existe un escenario de comparación propiamente dicho. El único edificio similar a efectos de comparación es el denominado edificio de referencia, tal cual se definió en 2.2.2.

El índice de calificación energética (C) para cada indicador energético es directamente el índice de eficiencia energética, es decir, la relación entre el valor del indicador estimado para el edificio objeto y el valor del indicador correspondiente al edificio de referencia:

$$C = \frac{I_{objeto}}{I_{referencia}}$$

Para ser consistentes con la escala de edificios destinados a vivienda, el índice de calificación energética tomará el valor unidad en el límite entre las clases de energía C y D.

Además, se ha considerado que los ahorros alcanzables para estos edificios deberían ser equivalentes a los que se obtendrían para edificios destinados a viviendas. Con este razonamiento y las sugerencias del CEN, los límites de la escala (válida para edificios nuevos y existentes) se expresaría formalmente en función de C mediante:

Clase A	si	$C < 0.40$
Clase B	si	$0.40 \leq C < 0.65$
Clase C	si	$0.65 \leq C < 1.00$
Clase D	si	$1.00 \leq C < 1.30$
Clase E	si	$1.30 \leq C < 1.60$
Clase F	si	$1.60 \leq C < 2.00$
Clase G	si	$2.00 \leq C$

En el caso de edificios nuevos, el índice de calificación energética se obtendrá mediante el Procedimiento de Referencia o algún Procedimiento Alternativo válido, sin que sea necesario para este caso, obviamente, la calibración de los Procedimientos Alternativos.

En el caso de edificios existentes, si el índice se obtuviera a través de datos reales de consumo y, a partir de ellos, de las emisiones correspondientes, no podría utilizarse la misma escala salvo que se arbitrara un procedimiento de normalización. Éste habría de tener en cuenta las condiciones reales (tanto las climáticas como las de operación) bajo las que se obtuvieron los consumos medidos, traduciéndolos a las condiciones estándar con las que se obtuvo la escala. En cualquier caso, para los edificios existentes, el aspecto clave no es tanto la letra que alcanza el edificio en su situación actual sino, más bien, las posibilidades de mejora de su eficiencia energética.

Anexos

ANEXO I PROCEDIMIENTO FINAL DE OBTENCIÓN DE LAS CLASES DE EFICIENCIA PARA EDIFICIOS DESTINADOS A VIVIENDA

I.1 Introducción

El procedimiento completo desarrollado comprende las siguientes etapas:

- Obtención de los indicadores energéticos correspondientes al edificio objeto.
- Obtención de los indicadores energéticos de referencia.
- Obtención de los índices de eficiencia energética.
- Obtención de los índices de calificación.
- Asignación de las clases de eficiencia asociadas a cada índice de calificación.

El proceso completo se ilustra en el la tabla I.1

Concepto	(1) Indicadores de comportamiento energético edificio objeto I_{objeto}	(2) Indicadores de comportamiento energético de referencia $I_{Reglamentación}$	(3) = (1) / (2) Indicadores de eficiencia energética $IEE = \frac{I_{objeto}}{I_{Reglamentación}}$	(4) Dispersión de los IEE R	(5) Índices de calificación energética $C_1 = \frac{\left(\frac{I_{objeto}}{I_{Reglamentación}} R \right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$
Demanda de calefacción	Mediante los procedimientos de referencia CALENER o cualquier procedimiento alternativo acreditado	Tabla I.2 ó I.3 (para las localidades capitales de provincia) o procedimiento del Anexo IV para otras localidades	Valores de la columna 1 divididos entre los correspondientes de la columna 2	(4.1) Tabla I.4	Aplicación de la expresión para cada uno de los conceptos, utilizando los valores de las columnas 3 y 4
Demanda de refrigeración				(4.2) Tabla I.5	
Emisiones de calefacción				(4.3) Tabla I.6	
Emisiones de refrigeración				(4.4) Tabla I.7	
Emisiones de ACS				(4.5) Tabla I.8	
Emisiones totales				(4.6) Tabla I.9	
Consumo en energía primaria de calefacción				(4.7) Tabla I.6	
Consumo en energía primaria de refrigeración				(4.8) Tabla I.7	
Consumo en energía primaria de ACS				(4.9) Tabla I.8	
Consumo total en energía primaria				(4.10) Tabla I.9	

Tabla I.1 Procedimiento final de obtención de las clases de eficiencia para edificios destinados a vivienda

I.2 Valores de los indicadores de comportamiento energético de referencia para localidades capitales de provincia (columna 2)

Localidad	Demanda calefacción kWh/m ²	Demanda refrigeración kWh/m ²	Demanda ACS kWh/m ²	Emisiones calefacción kgCO ₂ /m ²	Emisiones refrigeración kgCO ₂ /m ²	Consumo E. Primaria calefacción kWh/m ²	Consumo E. Primaria refrigeración kWh/m ²
Albacete	72.2	13.9	17.9	23.1	3.5	104.7	14.2
Alicante	23.0	24.2	16.8	7.4	6.1	33.4	24.7
Almería	19.8	27.7	16.6	6.3	6.9	28.7	28.3
Ávila	101.0	0.0	18.7	32.3	0.0	146.5	0.0
Badajoz	41.6	25.1	17.2	13.3	6.3	60.3	25.6
Barcelona	43.4	12.1	17.4	13.9	3.0	62.9	12.3
Bilbao	61.9	0.0	17.8	19.8	0.0	89.8	0.0
Burgos	113.1	0.0	18.8	36.2	0.0	164.0	0.0
Cáceres	48.4	27.8	17.3	15.5	7.0	70.2	28.4
Cádiz	17.2	21.4	16.7	5.5	5.4	24.9	21.8
Castellón	35.5	19.4	17.1	11.4	4.9	51.5	19.8
Ceuta	31.2	8.4	17.2	11.9	3.2	48.4	11.0
Ciudad Real	66.4	18.9	17.8	21.2	4.7	96.3	19.3
Córdoba	38.3	32.2	16.9	12.3	8.1	55.5	32.8
Cuenca	89.3	8.3	18.2	28.6	2.1	129.5	8.5
Gerona	63.7	9.8	17.7	20.4	2.5	92.4	10.0
Granada	55.9	17.7	17.6	17.9	4.4	81.1	18.1
Guadalajara	74.8	11.4	17.9	23.9	2.9	108.5	11.6
Huelva	21.5	26.4	16.7	6.9	6.6	31.2	26.9
Huesca	74.6	11.7	17.9	23.9	2.9	108.2	11.9
Jaén	39.9	31.8	16.7	12.8	8.0	57.9	32.4
La Coruña	46.6	0.0	17.8	14.9	0.0	67.6	0.0
Las Palmas de G. C.	9.3	16.4	16.2	3.5	6.2	14.4	21.5
León	95.7	0.0	18.6	30.6	0.0	138.8	0.0
Lérida	62.3	18.3	17.7	19.9	4.6	90.3	18.7
Logroño	70.8	9.0	17.9	22.7	2.3	102.7	9.2
Lugo	89.5	0.0	18.5	28.6	0.0	129.8	0.0
Madrid	64.4	15.7	17.7	20.6	3.9	93.4	16.0
Málaga	24.2	23.3	16.7	7.7	5.8	35.1	23.8
Melilla	17.5	20.9	16.7	6.7	7.9	27.1	27.4
Murcia	33.0	18.5	17.1	10.6	4.6	47.9	18.9
Orense	66.1	9.1	17.7	21.2	2.3	95.8	9.3
Oviedo	73.1	0.0	18.1	23.4	0.0	106.0	0.0
Palencia	90.0	0.0	18.4	28.8	0.0	130.5	0.0
P. de Mallorca	25.1	23.3	16.9	9.5	8.9	38.9	30.5
Pamplona	85.3	0.0	18.2	27.3	0.0	123.7	0.0

Tabla I.2 Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en viviendas unifamiliares

(Continuación)

Localidad	Demanda calefacción kWh/m ²	Demanda refrigeración kWh/m ²	Demanda ACS kWh/m ²	Emisiones calefacción kgCO ₂ /m ²	Emisiones refrigeración kgCO ₂ /m ²	Consumo E. Primaria calefacción kWh/m ²	Consumo E. Primaria refrigeración kWh/m ²
Pontevedra	41.2	0.0	17.5	13.2	0.0	59.7	0.0
Salamanca	91.1	4.5	18.4	29.2	1.1	132.1	4.6
San Sebastián	71.4	0.0	18.0	22.8	0.0	103.5	0.0
Santander	51.3	0.0	17.8	16.4	0.0	74.4	0.0
S. C. de Tenerife	9.3	22.7	16.1	3.5	8.6	14.4	29.7
Segovia	96.4	6.2	18.3	30.8	1.6	139.8	6.3
Sevilla	27.9	33.4	16.7	8.9	8.4	40.5	34.1
Soria	105.4	0.0	18.7	33.7	0.0	152.8	0.0
Tarragona	36.0	24.3	17.0	11.5	6.1	52.2	24.8
Teruel	94.4	4.6	18.4	30.2	1.2	136.9	4.7
Toledo	58.4	27.2	17.4	18.7	6.8	84.7	27.7
Valencia	35.5	18.7	17.1	11.4	4.7	51.5	19.1
Valladolid	89.7	6.9	18.2	28.7	1.7	130.1	7.0
Vitoria	97.0	0.0	18.5	31.0	0.0	140.7	0.0
Zamora	83.1	7.8	18.1	26.6	2.0	120.5	8.0
Zaragoza	60.6	16.9	17.6	19.4	4.2	87.9	17.2

Tabla 1.2 (Continuación) Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en viviendas unifamiliares

Localidad	Demanda calefacción kWh/m ²	Demanda refrigeración kWh/m ²	Demanda ACS kWh/m ²	Emisiones calefacción kgCO ₂ /m ²	Emisiones refrigeración kgCO ₂ /m ²	Consumo E. Primaria calefacción kWh/m ²	Consumo E. Primaria refrigeración kWh/m ²
Albacete	49.1	9.7	13.1	15.7	2.4	71.2	9.9
Alicante	13.2	16.7	12.3	4.2	4.2	19.1	17.0
Almería	10.8	19.1	12.1	3.5	4.8	15.7	19.5
Ávila	69.5	0.0	13.7	22.2	0.0	100.8	0.0
Badajoz	27.4	17.1	12.6	8.8	4.3	39.7	17.4
Barcelona	28.3	8.0	12.8	9.1	2.0	41.0	8.2
Bilbao	40.0	0.0	13.0	12.8	0.0	58.0	0.0
Burgos	77.1	0.0	13.8	24.7	0.0	111.8	0.0
Cáceres	32.1	19.0	12.7	10.3	4.8	46.5	19.4
Cádiz	9.0	14.6	12.3	2.9	3.7	13.1	14.9
Castellón	21.4	13.1	12.5	6.8	3.3	31.0	13.4
Ceuta	18.3	5.7	12.6	7.0	2.2	28.4	7.5
Ciudad Real	45.0	13.2	13.0	14.4	3.3	65.3	13.5
Córdoba	23.5	22.4	12.4	7.5	5.6	34.1	22.8
Cuenca	60.9	5.6	13.3	19.5	1.4	88.3	5.7

Tabla 1.3 Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en bloques de viviendas

Escala de calificación energética

Edificios de nueva construcción

(Continuación)

Localidad	Demanda calefacción kWh/m ²	Demanda refrigeración kWh/m ²	Demanda ACS kWh/m ²	Emisiones calefacción kgCO ₂ /m ²	Emisiones refrigeración kgCO ₂ /m ²	Consumo E. Primaria calefacción kWh/m ²	Consumo E. Primaria refrigeración kWh/m ²
Gerona	42.4	6.4	13.0	13.6	1.6	61.5	6.5
Granada	37.4	12.5	12.9	12.0	3.1	54.2	12.8
Guadalajara	50.4	7.8	13.1	16.1	2.0	73.1	8.0
Huelva	12.6	18.3	12.3	4.0	4.6	18.3	18.7
Huesca	50.6	7.9	13.1	16.2	2.0	73.4	8.1
Jaén	26.2	22.3	12.3	8.4	5.6	38.0	22.7
La Coruña	30.0	0.0	13.0	9.6	0.0	43.5	0.0
Las Palmas de G. C.	3.5	11.1	11.8	1.3	4.2	5.4	14.5
León	65.5	0.0	13.6	21.0	0.0	95.0	0.0
Lérida	42.0	12.4	13.0	13.4	3.1	60.9	12.6
Logroño	47.4	5.9	13.2	15.2	1.5	68.7	6.0
Lugo	60.2	0.0	13.5	19.3	0.0	87.3	0.0
Madrid	43.2	10.8	13.0	13.8	2.7	62.6	11.0
Málaga	13.4	16.1	12.3	4.3	4.0	19.4	16.4
Melilla	9.3	14.2	12.2	3.5	5.4	14.4	18.6
Murcia	19.8	12.5	12.5	6.3	3.1	28.7	12.8
Orense	43.2	5.7	13.0	13.8	1.4	62.6	5.8
Oviedo	48.3	0.0	13.3	15.5	0.0	70.0	0.0
Palencia	61.2	0.0	13.5	19.6	0.0	88.7	0.0
P. de Mallorca	14.4	15.9	12.4	5.5	6.0	22.3	20.8
Pamplona	57.5	0.0	13.3	18.4	0.0	83.4	0.0
Pontevedra	26.5	0.0	12.9	8.5	0.0	38.4	0.0
Salamanca	62.3	2.7	13.5	19.9	0.7	90.3	2.8
San Sebastián	46.9	0.0	13.2	15.0	0.0	68.0	0.0
Santander	33.0	0.0	13.0	10.6	0.0	47.9	0.0
S. C. de Tenerife	3.5	15.6	11.8	1.3	5.9	5.4	20.4
Segovia	65.7	4.2	13.5	21.0	1.1	95.3	4.3
Sevilla	16.6	23.4	12.3	5.3	5.9	24.1	23.9
Soria	72.1	0.0	13.7	23.1	0.0	104.5	0.0
Tarragona	21.8	16.4	12.4	7.0	4.1	31.6	16.7
Teruel	64.5	2.8	13.5	20.6	0.7	93.5	2.9
Toledo	39.0	18.9	12.8	12.5	4.7	56.6	19.3
Valencia	21.3	12.6	12.5	6.8	3.2	30.9	12.9
Valladolid	60.6	4.5	13.3	19.4	1.1	87.9	4.6
Vitoria	65.4	0.0	13.5	20.9	0.0	94.8	0.0
Zamora	56.3	5.3	13.3	18.0	1.3	81.6	5.4
Zaragoza	40.6	11.4	12.9	13.0	2.9	58.9	11.6

Tabla I.3 (Continuación) Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en bloques de viviendas

I.3 Emisiones de CO₂ y consumo en energía primaria para el servicio de agua caliente sanitaria de referencia

La demanda de referencia de agua caliente sanitaria se obtendrá sustrayendo a la demanda bruta (tablas I.2, I.3), la fracción que deba ser cubierta mediante energías renovables de acuerdo con lo dispuesto en el CTE-HE4.

En todos los casos, las emisiones de CO₂ de referencia para el servicio de agua caliente sanitaria se obtendrán multiplicando la demanda neta de referencia de agua caliente sanitaria por un coeficiente de paso cuyo valor será de 0.38 en el caso de localidades peninsulares y de 0.45 para localidades extra-peninsulares.

De forma análoga, el consumo de energía primaria de referencia para el servicio de agua caliente sanitaria se obtendrá multiplicando la demanda neta de referencia de agua caliente sanitaria por un coeficiente de paso cuyo valor será de 1.57 en el caso de localidades peninsulares y de 1.65 para localidades extra-peninsulares.

I.4 Tablas con las dispersiones de los indicadores de eficiencia energética (columna 4)

Zona Climática de Invierno	R para demanda de calefacción	
	Viviendas Unifamiliares	Viviendas en Bloque
A	1.7	1.7
B	1.6	1.7
C	1.5	1.7
D	1.5	1.7
E	1.4	1.7

Tabla I.4 Dispersión del indicador de eficiencia energética para demanda de calefacción en localidades peninsulares y extrapeninsulares (cuadro 4.1)

Zona Climática de Verano	R para demanda de refrigeración	
	Viviendas Unifamiliares	Viviendas en Bloque
1	–	–
2	1.5	1.6
3	1.4	1.5
4	1.4	1.5

Tabla I.5 Dispersión del indicador de eficiencia energética para demanda de refrigeración en localidades peninsulares y extrapeninsulares (cuadro 4.2)

Zona Climática de Invierno	R para emisiones y consumo en energía primaria de calefacción	
	Viviendas Unifamiliares	Viviendas en Bloque
A	1.7	1.7
B	1.6	1.6
C	1.5	1.6
D	1.5	1.6
E	1.4	1.5

Tabla I.6 Dispersión del indicador de eficiencia energética para emisiones y consumo en energía primaria de calefacción en localidades peninsulares y extrapeninsulares (cuadro 4.3 y 4.7)

Escala de calificación energética

Edificios de nueva construcción

Zona Climática de Verano	R para emisiones y consumo en energía primaria de refrigeración	
	Viviendas Unifamiliares	Viviendas en Bloque
1	–	–
2	1.5	1.6
3	1.4	1.5
4	1.4	1.5

Tabla I.7 Dispersión del indicador de eficiencia energética para emisiones y consumo en energía primaria de refrigeración en localidades peninsulares y extrapeninsulares (cuadro 4.4 y 4.8)

R para emisiones y consumo en energía primaria asociadas a la producción de agua caliente sanitaria	
Viviendas Unifamiliares	Viviendas en Bloque
1.2	1.2

Tabla I.8 Dispersión del indicador de eficiencia energética para emisiones y consumo en energía primaria de agua caliente sanitaria en localidades peninsulares y extrapeninsulares (cuadro 4.5 y 4.9)

R para emisiones y consumo en energía primaria total	Zona Climática de Verano				
	1	2	3	4	
Zona Climática de Invierno	A	–	–	1.60	1.60
	B	–	–	1.60	1.55
	C	1.50	1.50	1.55	1.55
	D	1.45	1.50	1.50	–
	E	1.45	–	–	–

Tabla I.9 Dispersión del indicador de eficiencia energética para emisiones y consumo en energía primaria total en localidades peninsulares y extrapeninsulares (cuadro 4.6 y 4.10)

ANEXO II EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE LOS LÍMITES ENTRE CLASES PARA ELABORAR LA ETIQUETA

II.1 Introducción

En el siguiente ejemplo se obtendrán los límites entre clases para la calificación de la demanda y las emisiones de viviendas unifamiliares de nueva construcción emplazadas en Madrid. Esto se hará desnormalizando el índice de calificación energética $-C_1-$ dado por la siguiente expresión:

$$C_1 = \frac{\left(\frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{Reglamentación}}} R \right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

para así obtener el valor del límite del indicador I_{objeto} en las fronteras entre clases.

El primer paso consiste en operar en la ecuación anterior despejando el cociente

$$\frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{Reglamentación}}}: \quad \frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{Reglamentación}}} = \frac{I + (C_1 - 0.6) * 2(R - 1)}{R}$$

Como se puede ver en la expresión anterior, los únicos parámetros que es necesario conocer para poder llevar a cabo la desnormalización son:

- El valor del ratio R, y
- El valor del índice de calificación energética normalizado $-C_1-$.

El primero dependerá en general de la localidad y del concepto a evaluar –demanda de calefacción, de refrigeración; emisiones de calefacción, de refrigeración...-. El segundo dependerá exclusivamente del límite entre clases que estemos considerando.

II.2 Valores de R

De las tablas de la sección I.3 se obtienen los siguientes valores de R para viviendas unifamiliares en Madrid:

- Demanda de calefacción: R = 1.5
- Demanda de refrigeración: R = 1.4
- Emisiones de calefacción: R = 1.5
- Emisiones de refrigeración: R = 1.4
- Emisiones de agua caliente sanitaria: R=1.2
- Emisiones totales: R = 1.5
- Consumo en energía primaria de calefacción: R = 1.5
- Consumo en energía primaria de refrigeración: R = 1.4
- Consumo en energía primaria de agua caliente sanitaria: R = 1.2
- Consumo total en energía primaria: R = 1.5

II.3 Valores de los indicadores de eficiencia energética en los límites entre clases

Los límites de la escala de calificación, en términos de C_1 , son:

Clase A si $C_1 < 0.15$

Clase B si $0.15 \leq C_1 < 0.50$

Clase C si $0.50 \leq C_1 < 1.00$

Clase D si $1.00 \leq C_1 < 1.75$

Teniendo en cuenta estos valores límite de C_1 , puede despejarse el cociente $\frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{Reglamentación}}}$ para los R anteriores, reflejándolo en la siguiente tabla:

Límites	C_1	R			
		1.5	1.4	1.3	1.2
A-B	0.15	0.37	0.46	0.56	0.68
B-C	0.50	0.60	0.66	0.72	0.80
C-D	1.00	0.93	0.94	0.95	0.97
D-F	1.75	1.43	1.37	1.30	1.22

Tabla II.1 Valores del cociente $\frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{Reglamentación}}}$ para distintos valores de la relación R

De acuerdo con estos valores y los valores de las demandas de referencia, ya podemos obtener los límites entre clases para la calificación de la demanda, emisiones de refrigeración y calefacción de este tipo de edificios.

II.4 Valores de referencia

A partir de la tabla I.2 para Madrid se obtienen los siguientes valores:

Localidad	Demanda calefacción kWh/m ²	Demanda refrigeración kWh/m ²	Demanda ACS kWh/m ²	Emisiones calefacción kgCO ₂ /m ²	Emisiones refrigeración kgCO ₂ /m ²	Consumo E. Primaria calefacción kWh/m ²	Consumo E. Primaria refrigeración kWh/m ²
Madrid	64.4	15.7	17.7	20.6	3.9	93.4	16.0

II.5 Límites entre clases para demanda de calefacción

Dado que R para la demanda de calefacción vale en este caso 1.5 (Tabla I.4), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C_1	Demanda de calefacción (kWh/m ²)
A-B	0.15	$0.37 \times 64.4 = 23.8$
B-C	0.50	$0.60 \times 64.4 = 38.6$
C-D	1.00	$0.93 \times 64.4 = 59.9$
D-F	1.75	$1.43 \times 64.4 = 92.1$

II.5 Límites entre clases para demanda de refrigeración

Dado que R para la demanda de refrigeración vale en este caso 1.4 (Tabla I.5), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C ₁	Demanda de refrigeración (kWh/m ²)
A-B	0.15	0.46 x 15.7 = 7.2
B-C	0.50	0.66 x 15.7 = 10.4
C-D	1.00	0.94 x 15.7 = 14.8
D-F	1.75	1.37 x 15.7 = 21.5

II.6 Límites entre clases para emisiones de calefacción

Dado que R para las emisiones de calefacción valen en este caso 1.5 (Tabla I.6), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C ₁	Emisiones de calefacción (kgCO ₂ /m ²)
A-B	0.15	0.37 x 20.6 = 7.6
B-C	0.50	0.60 x 20.6 = 12.4
C-D	1.00	0.93 x 20.6 = 19.2
D-F	1.75	1.43 x 20.6 = 19.5

II.7 Límites entre clases para emisiones de refrigeración

Dado que R para las emisiones de refrigeración valen en este caso 1.4 (Tabla I.7), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C ₁	Emisiones de refrigeración (kgCO ₂ /m ²)
A-B	0.15	0.46 x 3.9 = 1.8
B-C	0.50	0.66 x 3.9 = 2.6
C-D	1.00	0.94 x 3.9 = 3.7
D-F	1.75	1.37 x 3.9 = 5.3

II.8 Límites entre clases para emisiones de agua caliente sanitaria

La demanda de ACS se calcula siguiendo el Documento Básico HE4 y la norma UNE-EN 94002:2004. En el caso que nos ocupa supondremos que el ACS se consigue mediante un sistema no basado en efecto Joule y que el consumo de agua de la vivienda es inferior a 5.000 l/día. Con estas hipótesis, la contribución solar mínima es del 60% y por tanto se obtiene un valor de la demanda de ACS de referencia de (ver tabla I.2):

$$17.7 \times (1-0.6) = 7.08 \text{ kWh/m}^2$$

El valor medio de las emisiones de ACS se obtiene multiplicando el valor anterior por el factor de paso dado en la sección I.3, es decir:

$$0.38 \times 7.08 = 2.7 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$$

Dado que R para las emisiones de agua caliente sanitaria vale en este caso 1.2, utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C_1	Emisiones de agua caliente sanitaria (kgCO ₂ /m ²)
A-B	0.15	$0.68 \times 2.7 = 1.8$
B-C	0.50	$0.80 \times 2.7 = 2.2$
C-D	1.00	$0.97 \times 2.7 = 2.6$
D-F	1.75	$1.22 \times 2.7 = 3.3$

II.9 Límites entre clases para emisiones totales

Obtención del $I_{\text{Reglamentación}}$: las emisiones medias totales se obtienen sumando el valor medio de las emisiones en concepto de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, es decir:

$$20.6 + 3.9 + 2.7 = 27.2 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$$

Dado que R para las emisiones totales vale en este caso 1.5 (tabla I.9), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C_1	Emisiones totales (kgCO ₂ /m ²)
A-B	0.15	$0.37 \times 27.2 = 10.1$
B-C	0.50	$0.60 \times 27.2 = 16.3$
C-D	1.00	$0.93 \times 27.2 = 25.3$
D-F	1.75	$1.43 \times 27.2 = 38.9$

II.10 Límites entre clases para consumo en energía primaria de calefacción

Dado que R para el consumo en energía primaria de calefacción vale en este caso 1.5 (Tabla I.6), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C_1	Consumo en energía primaria de calefacción (kWh/m ²)
A-B	0.15	$0.37 \times 93.4 = 34.6$
B-C	0.50	$0.60 \times 93.4 = 56.0$
C-D	1.00	$0.93 \times 93.4 = 86.9$
D-F	1.75	$1.43 \times 93.4 = 133.6$

II.11 Límites entre clases para consumo en energía primaria de refrigeración

Dado que R para el consumo en energía primaria de refrigeración vale en este caso 1.4 (Tabla I.7), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C ₁	Consumo de energía primaria de refrigeración (kWh _p /m ²)
A-B	0.15	0.46 x 16.0 = 7.4
B-C	0.50	0.66 x 16.0 = 10.6
C-D	1.00	0.94 x 16.0 = 15.0
D-F	1.75	1.37 x 16.0 = 21.0

II.12 Límites entre clases para consumo en energía primaria de agua caliente sanitaria

El valor de la demanda de ACS de referencia es, una vez descontada la contribución solar mínima de 7.08 kWh/m², el valor medio del consumo en energía primaria de ACS. Se obtiene multiplicando el valor anterior por el factor de paso dado en la sección I.3, es decir:

$$1.57 \times 7.08 = 11.1 \text{ kWh/m}^2$$

Dado que R para el consumo en energía primaria de agua caliente sanitaria vale en este caso 1.2, utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

Límite de las clases	C ₁	Consumo de energía primaria de agua caliente sanitaria (kWh/m ²)
A-B	0.15	0.68 x 11.1 = 7.5
B-C	0.50	0.80 x 11.1 = 8.9
C-D	1.00	0.97 x 11.1 = 10.8
D-F	1.75	1.22 x 11.1 = 13.5

II.13 Límites entre clases para consumo en energía primaria total

Obtención del $I_{\text{Reglamentación}}$: las emisiones medias totales se obtienen sumando el valor medio de las emisiones en concepto de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, es decir:

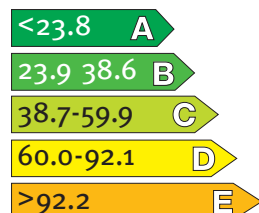
$$93.4 + 16.0 + 11.1 = 120.5 \text{ kWh/m}^2$$

Dado que R para las emisiones totales vale en este caso 1.5 (tabla I.9), utilizando los valores de la columna correspondiente de la tabla II.1 se obtiene:

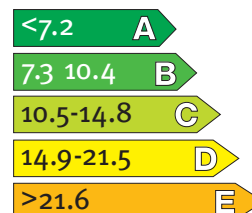
Límite de las clases	C ₁	Consumo en energía primaria total (kWh/m ²)
A-B	0.15	0.37 x 120.5 = 44.6
B-C	0.50	0.60 x 120.5 = 72.3
C-D	1.00	0.93 x 120.5 = 112.1
D-F	1.75	1.43 x 120.5 = 172.3

II.14 Resumen de los límites entre clases para viviendas unifamiliares en Madrid

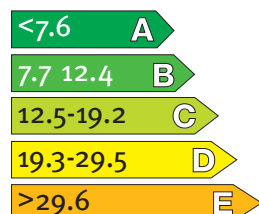
Demanda de Calefacción
(kWh/m² año)



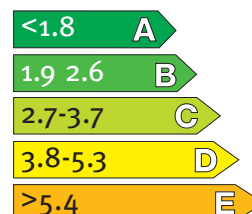
Demanda de Refrigeración
(kWh/m² año)



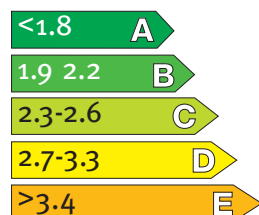
Emisiones de Calefacción
(kgCO₂/m² año)



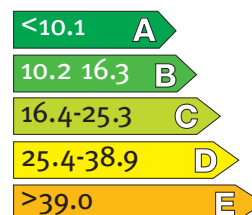
Emisiones de Refrigeración
(kgCO₂/m² año)



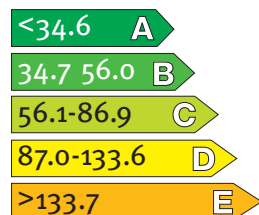
Emisiones de ACS
(kgCO₂/m² año)



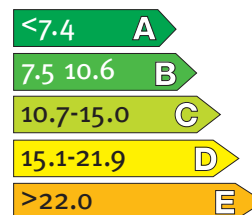
Emisiones Totales
(kgCO₂/m² año)



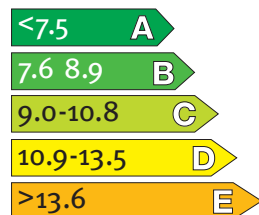
Consumo E. Primaria de Calefacción
(kWh/m² año)



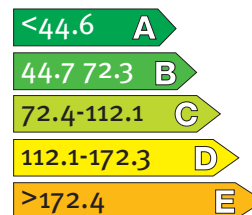
Consumo E. Primaria de Refrigeración
(kWh/m² año)



Consumo E. Primaria de ACS
(kWh/m² año)



Consumo E. Primaria Total
(kWh/m² año)



ANEXO III VALORES DE INDICADORES DE COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE REFERENCIA PARA OTRAS LOCALIDADES

En este Anexo se describe el procedimiento de obtención de los indicadores de comportamiento energético de referencia para las localidades para las que se disponga de datos climáticos contrastados que se quieran utilizar en el procedimiento de referencia CALENER o en los procedimientos alternativos.

Concepto	(1) Indicadores de comportamiento energético edificio objeto I_{objeto}	(2) Indicadores de comportamiento energético de referencia $I_{Reglamentación}$	(3) = (1) / (2) Indicadores de eficiencia energética $IEE = \frac{I_{objeto}}{I_{Reglamentación}}$	(4) Dispersión de los IEE R	(5) Índices de calificación energética $C_1 = \frac{\left(\frac{I_{objeto}}{I_{Reglamentación}} R \right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$
Demanda de calefacción	Mediante los procedimientos de referencia CALENER o cualquier procedimiento alternativo acreditado	(2.1)	Valores de la columna 1 divididos entre los correspondientes de la columna 2	(4.1) Tabla 1.4	Aplicación de la expresión para cada uno de los conceptos, utilizando los valores de las columnas 3 y 4
Demanda de refrigeración		(2.2)		(4.2) Tabla 1.5	
Emisiones de calefacción		(2.3)		(4.3) Tabla 1.6	
Emisiones de refrigeración		(2.4)		(4.4) Tabla 1.7	
Emisiones de ACS		(2.5)		(4.5) Tabla 1.8	
Emisiones totales		(2.6)		(4.6) Tabla 1.9	
Consumo en energía primaria de calefacción		(2.7)		(4.7) Tabla 1.6	
Consumo en energía primaria de refrigeración		(2.8)		(4.8) Tabla 1.7	
Consumo en energía primaria de ACS		(2.9)		(4.9) Tabla 1.8	
Consumo total en energía primaria		(2.10)		(4.10) Tabla 1.9	

III.1 Demanda de calefacción y demanda de refrigeración de referencia (cuadros 2.1 y 2.2)

Tanto la demanda de calefacción como la demanda de refrigeración de referencia pueden obtenerse a partir de las severidades climáticas correspondientes haciendo uso de las siguientes correlaciones:

$$\text{Demanda de calefacción de referencia} = a + b \text{ SCI}$$

Los coeficientes a y b vienen dados en la tabla III.1: -

	a	b
Viviendas unifamiliares	9.29	54.98
Bloques de viviendas	3.51	39.57

Tabla III.1 Coeficientes de correlación para la demanda de calefacción de referencia a partir de la severidad climática de invierno

Demanda de refrigeración de referencia = a + b SCV

Los coeficientes a y b vienen dados en la tabla III.2:

	a	b
Viviendas unifamiliares	-4.24	20.41
Bloques de viviendas	-3.44	14.44

Tabla III.2 Coeficientes de correlación para la demanda de refrigeración de referencia a partir de la severidad climática de verano en edificios destinados a viviendas

Las severidades climáticas se obtienen a partir de las siguientes correlaciones:

- 1 -Severidad Climática de Invierno: a partir de los grados-día de invierno y del ratio entre el número de horas de sol y el número de horas de sol máximas:

$$SCI = a * GD + b * \frac{n}{N} + c * GD^2 + d * \frac{n}{N}^2 + e$$

Siendo:

GD, la media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses que van desde octubre a mayo. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24.

n/N, el ratio entre el número de horas de sol y el número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses que van desde octubre a mayo.

a	b	c	d	e
3.546E-04	-4.043E-01	8.394E-08	-7.325E-02	-1.137E-01

- 2 -Severidad Climática de Verano: a partir de los grados-día de verano y del ratio entre el número de horas de sol y el número de horas de sol máximas:

$$SCV = a * GD + b * \frac{n}{N} + c * GD^2 + d * \frac{n}{N}^2 + e$$

Siendo:

GD, la media de los grados-día de verano en base 20 para los meses que van desde junio a septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24.

n/N , el ratio entre el número de horas de sol y el número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses desde junio a septiembre. -

a	b	c	d	e
3.052E-03	1.784E-01	-1.343E-07	-2.339E-01	-2.041E-01

Nota: En el caso de que al aplicar cualquiera de estas dos correlaciones se obtuviese un valor negativo de la severidad climática, éste debe considerarse nulo.

III.2 Emisiones de calefacción de referencia (cuadro 2.3)

Para edificios destinados a vivienda, las emisiones de CO₂ de referencia para el servicio de calefacción se obtendrán multiplicando la demanda de calefacción de referencia obtenida en el apartado III.1 por el coeficiente de paso de la tabla III.3:

	Peninsular	Extra-peninsular
Calefacción	0.32	0.38

Tabla III.3 Factores de paso de demanda de referencia a emisiones de referencia para el servicio de calefacción en viviendas unifamiliares y en viviendas en bloque

III.3 Emisiones de refrigeración de referencia (cuadro 2.4)

Para edificios destinados a vivienda, las emisiones de CO₂ de referencia para el servicio de refrigeración se obtendrán multiplicando la demanda de refrigeración de referencia obtenida en el apartado III.1 por el coeficiente de paso de la tabla III.4:

	Peninsular	Extra-peninsular
Refrigeración	0.25	0.38

Tabla III.4 Factores de paso de demanda de referencia a emisiones de referencia para el servicio de refrigeración en viviendas unifamiliares y en viviendas en bloque

III.4 Emisiones para agua caliente sanitaria de referencia (cuadro 2.5)

La demanda bruta de referencia de agua caliente sanitaria será la misma que corresponde al edificio objeto. La demanda neta se obtendrá sustrayendo a la demanda bruta la fracción que deba ser cubierta mediante energías renovables de acuerdo con lo dispuesto en el CTE-HE4.

En todos los casos, las emisiones de CO₂ de referencia para el servicio de agua caliente sanitaria se obtendrán multiplicando la demanda neta de referencia de agua caliente sanitaria por un coeficiente de paso cuyo valor será de 0.38 en el caso de localidades peninsulares y de 0.45 para localidades extra-peninsulares.

III.5 Emisiones totales de referencia (cuadro 2.6)

Las emisiones totales de CO₂ de referencia se obtendrán sumando las emisiones de CO₂ de referencia para cada servicio considerado.

III.6 Consumo en energía primaria de calefacción de referencia (cuadro 2.7)

Para edificios destinados a vivienda, el consumo en energía primaria de referencia para el servicio de calefacción se obtendrá multiplicando la demanda de calefacción de referencia obtenida en el apartado III.1 por el coeficiente de paso de la tabla III.5:

	Peninsular	Extra-peninsular
Calefacción	1.45	1.55

Tabla III.5 Factores de paso de demanda de referencia a consumo en energía primaria de referencia para el servicio de calefacción en viviendas unifamiliares y en viviendas en bloque

III.7 Consumo en energía primaria de refrigeración de referencia (cuadro 2.8)

Para edificios destinados a vivienda, el consumo en energía primaria de referencia para el servicio de refrigeración se obtendrá multiplicando la demanda de refrigeración de referencia obtenida en el apartado III.1 por el coeficiente de paso de la tabla III.6:

	Peninsular	Extra-peninsular
Refrigeración	1.02	1.31

Tabla III.6 Factores de paso de demanda de referencia a consumo en energía primaria de referencia para el servicio de refrigeración en viviendas unifamiliares y en viviendas en bloque

III.8 Consumo en energía primaria para agua caliente sanitaria de referencia (cuadro 2.9)

La demanda bruta de referencia de agua caliente sanitaria será la misma que corresponde al edificio objeto. La demanda neta se obtendrá sustrayendo a la demanda bruta la fracción que deba ser cubierta mediante energías renovables de acuerdo con lo dispuesto en el CTE-HE4.

En todos los casos, el consumo en energía primaria de referencia para el servicio de agua caliente sanitaria se obtendrá multiplicando la demanda neta de referencia de agua caliente sanitaria por un coeficiente de paso cuyo valor será de 1.57 en el caso de localidades peninsulares y de 1.65 para localidades extra-peninsulares.

III.9 Consumo en energía primaria total de referencia (cuadro 2.10)

El consumo total en energía primaria de referencia se obtendrá sumando el consumo en energía primaria de referencia para cada servicio considerado.



c/ Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14
comunicacion@idae.es
www.idae.es