

Universidad Carlos III de Madrid
Escuela Politécnica Superior



PROYECTO FIN DE CARRERA

Limitación de Demanda y
Certificación Energética
El Corte Inglés de Albacete

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Autor: Ricardo Fernández-Hidalgo Arroyo

Tutor: Esteban Domínguez González-Seco

Febrero 2009

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
AGRADECIMIENTOS.....	IX
CAPÍTULO 1: ESTRUCTURA DEL PROYECTO Y OBJETIVOS.....	1
1.1. ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN.....	6
2.1. EL PROBLEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL.....	8
2.2. AHORRO DE ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD.....	10
2.3. REAL DECRETO 47/2007.....	11
2.3.1. ANTECEDENTES.....	11
2.3.2. REAL DECRETO 47/2007.....	12
CAPÍTULO 3: DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA HE	21
3.1. INTRODUCCIÓN.....	24
3.2. HE 1 LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	25
3.2.1. ZONA CLIMÁTICA.....	25
3.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS.....	26
3.2.3. ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO.....	26
3.2.4. CONDENSACIONES.....	32
3.2.5. PERMEABILIDAD AL AIRE.....	32
3.2.6. OPCIÓN SIMPLIFICADA.....	33
3.2.7. OPCIÓN GENERAL.....	43
3.3. HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS.....	45

3.4. HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE LA ILUMINACIÓN.....	46
3.4.1. VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.....	46
3.4.2. OTROS PARÁMETROS RELEVANTES.....	48
3.4.3. SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	50
3.4.4. EQUIPOS.....	53
3.4.5. RESULTADOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	57
3.5. HE 4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	57
3.5.1. ZONAS CLIMÁTICAS.....	57
3.5.2. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA.....	58
3.5.3. CÁLCULO DE LA DEMANDA.....	60
3.5.4. SISTEMAS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....	62
3.5.5. EXOGENCIAS GENERALES.....	67
3.6. HE 5 CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	70
3.6.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	70
3.6.2. ZONAS CLIMÁTICAS.....	70
3.6.3. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR.....	70
3.6.4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN EN CONEXIÓN A RED.....	72
3.6.5. EXIGENCIAS GENERALES.....	75
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE LA LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA: LIDER.....	76
4.1. INTRODUCCIÓN.....	78
4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	79
4.3. GESTOR DE BASE DE DATOS.....	80
4.3.1. CREACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	81
4.3.2. MATERIALES.....	82
4.3.3. CERRAMIENTOS.....	83

4.3.4. VIDRIOS.....	85
4.3.5. MARCOS.....	85
4.3.6. HUECOS.....	86
4.4. OPCIONES Y VALORES POR DEFECTO.....	88
4.4.1. ESPACIO DE TRABAJO.....	88
4.4.2. CONSTRUCCIÓN.....	89
4.5. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO.....	91
4.5.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	91
4.5.2. CREACIÓN DE PLANTAS.....	92
4.5.3. CREACIÓN DE LOS ESPACIOS.....	93
4.5.4. CREACIÓN DE LAS PARTICIONES HORIZONTALES.....	94
4.5.5. CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS.....	94
4.5.6. VENTANAS Y PUERTAS (HUECOS).....	94
4.5.7. CREACIÓN DE ELEMENTOS SINGULARES.....	95
4.5.8. EDICIÓN DE ELEMENTOS YA CREADOS.....	95
4.6. VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EDIFICIO.....	103
4.7. RESULTADOS.....	105
CAPÍTULO 5: DESARROLLO DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA: CALENER.....	107
5.1. ESTRUCTURA DE CALENER_GT.....	110
5.1.1. ÁRBOLES DE ELEMENTOS.....	110
5.1.2. PANEL DE REVISIÓN.....	111
5.1.3. CÓDIGO DE COLORES.....	111
5.2. EXPORTACIÓN DEL EDIFICIO A CALENER_GT.....	112
5.3. COMPONENTES Y SISTEMAS DEL EDIFICIO.....	114
5.3.1. DATOS GENERALES.....	114
5.3.2. HORARIOS.....	115
5.3.3. CURVAS DE COMPORTAMIENTO.....	118

5.3.4. SUBSISTEMAS PRIMARIOS.....	118
5.3.5. SUBSISTEMAS SECUNDARIOS.....	123
5.4. FORMULARIO DE EDICIÓN DE LOS ESPACIOS.....	131
5.4.1. FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA.....	131
5.4.2. FORMULARIO DE OCUPACIÓN, EQUIPOS E INFILTRACIÓN.....	132
5.4.3. FORMULARIO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL.....	133
5.5. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	137
5.5.1. DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y DE REFRIGERACIÓN.....	138
5.5.2. EMISIONES DE CLIMATIZACIÓN.....	138
5.5.3. EMISIONES DE ACS.....	138
5.5.4. EMISIONES DE ILUMINACIÓN.....	139
5.5.5. COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE EMISIONES.....	140
5.5.6. CLASES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	141
5.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN.....	142
5.6.1. ETIQUETAS.....	142
5.6.2. INFORMES MENSUALES.....	143
5.6.3. INFORMES ANUALES.....	147
5.7. EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS SOBRE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	148
5.7.1. MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS LUMINARIAS....	148
5.7.2. EFECTO DEL EER DE LAS PLANTAS ENFRIADORAS.....	153
5.7.3. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL DE LOS VENTILADORES.....	155
5.7.4. EFECTO SIMULTÁNEO DEL EER Y EL VEEI.....	158
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	162
6.1. CONCLUSIONES DE LA LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	164
6.2. CONCLUSIONES DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	165
ANEXOS.....	168

ANEXO I: INFORME LIDER.....	169
ANEXO II: INFORME CALENER.....	187
ANEXO III: PLANOS DEL EDIFICIO.....	204
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	208
ÍNDICE DE TABLAS.....	210
ÍNDICE DE FIGURAS.....	214
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	218
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	220

Resumen

La contaminación atmosférica en el sector de la edificación ha adquirido en las últimas décadas unos niveles comparables a los del sector industrial, convirtiéndose así en un grave problema para la sociedad. En este proyecto se aplican en el caso concreto del centro comercial de El Corte Inglés de Albacete (E.C.I. de Albacete) las medidas impuestas por el gobierno, a través del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), en materia de ahorro energético en los edificios.

Una vez presentada la normativa vigente del Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE, se ha desarrollado la certificación energética del E.C.I. de Albacete en dos etapas.

En una primera etapa, se ha verificado el cumplimiento de la limitación de demanda del edificio impuesta por la sección HE-1 del Documento Básico de Ahorro de Energía, empleando la aplicación informática de referencia LIDER. Los resultados del programa demuestran que el centro cumple con la normativa establecida tanto en calefacción como en refrigeración. Las demandas de calefacción y de refrigeración son respectivamente de un 11,5% y un 80.2% respecto a las del edificio de referencia.

En una segunda etapa, se ha obtenido la calificación energética del edificio, empleando la herramienta informática de referencia CALENER_GT. El consumo del edificio de energía primaria del edificio es de 23.416,11 MWh por año y las emisiones del edificio son de 5828,57 Tn CO₂ por año. El índice global de emisiones de CO₂ del centro es 1.19, lo que otorga al edificio una clase de eficiencia energética D. Esto significa que las emisiones totales del edificio superan en un 19% las permitidas por la normativa.

Por último, y tras estudiar los resultados de la calificación, se han aplicado una serie de mejoras sobre los sistemas y equipos del edificio, lográndose como mejor resultado una reducción del 45% de las emisiones de CO₂ así como de la energía primaria requerida por el centro y obteniéndose un índice global de 0.65 que, aunque de forma muy ajustada, adjudica al centro la clase de eficiencia energética B.

Abstract

Air pollution in the building sector has gained in the last few decades levels comparable to the industrial sector, thus becoming a serious problem for society. In this project are applied the measures imposed by the government through the new "Código Técnico de la Edificación" (CTE) on energy savings in buildings, in the case of the commercial center of "El Corte Inglés Albacete"(Albacete ECI).

Once the regulations of the "Documento Básico de Ahorro de Energía", it has developed the energy certification of ECI Albacete in two stages.

In a first stage, it was verified that the building restrictions on energy demands imposed by section HE-1 of the "Documento Básico de Ahorro de Energía" were applied, using the reference computer software LIDER.

Program results show that the center complies with the regulations established both in heating and cooling. The demands of heating and cooling are respectively 11.5% and 80.2% compared to the building's reference.

In a second stage, it was obtained the energy rating of the building, using the reference computer software CALENER_GT. Consumption of primary energy by the building was 23416.11 MWh per year, and emissions of the building were 5828.57 tons CO₂ per year. The overall ratio of CO₂ emissions from the center was 1.19, which gives the building an energy efficiency class D. This means that the total emissions of the building exceeded 19% the ones permitted by the rules.

Finally, after studying the results of the qualification, there were implemented a number of improvements over the systems and equipment of the building, achieving in the best result a reduction of 45% of CO₂ emissions as well as the primary energy required by the center, obtaining an overall ratio of 0.65, which awarded the center an energy efficiency class B in a very narrow form.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a Esteban Domínguez y a la empresa Promec S.A. por ofrecerme la oportunidad de desarrollar este proyecto de fin de carrera.

Agradezco a todos los compañeros de Promec, especialmente a Beatriz, Igor, Carmen, Juan y Óscar por todo lo que me han aportado y enseñado.

A mis compañeros de fatigas de la universidad, David, Alberto, Dani, Paloma, Rodrigo, Carlos, Alex, Arturo, Miguel, Edu ... gracias por haber logrado que estos años hayan sido mucho más fáciles de superar.

He dejado para el final a las personas más importantes: mis padres y mi hermana. Gracias por vuestra ayuda y vuestro apoyo incondicional durante estos años. Sin vosotros nunca hubiera conseguido superar todos los obstáculos hasta llegar hasta aquí.

**CAPÍTULO 1:
ESTRUCTURA DEL PROYECTO
Y OBJETIVOS**

ÍNDICE

1.1 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	3
1.2 OBJETIVOS	4



1.1 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

La memoria del proyecto se ha dividido en seis capítulos.

En el capítulo dos de introducción se presentan las motivaciones y argumentos para llevar a cabo el proyecto, realizando una breve presentación de las carencias del estado energético español y exponiendo la necesidad de abogar por un consumo responsable en el sector de la edificación. Además se introducen los conceptos de certificación energética y calificación energética de un edificio, explicando la estructura de la etiqueta de eficiencia energética según se establece en el Real decreto 47/2007.

En el tercer capítulo se resume la normativa obligatoria referente al ahorro energético, incluida en el nuevo Código Técnico de la Edificación que entró en vigor en el año 2006. Concretamente se desarrolla el documento básico de ahorro de energía DB-HE contenido en el artículo 15, desglosando las exigencias básicas de ahorro de energía HE-1 (limitación de demanda energética), HE-3 (eficiencia energética de las instalaciones e iluminación), HE-4 (Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria) y HE-5 (contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica).

En el cuarto capítulo se explica el procedimiento seguido para la obtención del informe de verificación de limitación de demanda energética de E.C.I. de Albacete mediante el programa LIDER. Se ha detallado en la medida de lo posible los pasos necesarios para la definición geométrica y constructiva del inmueble, si bien el elevado número de elementos de los que se compone impide la presentación exhaustiva de las características de cada uno de ellos.

En el quinto capítulo se expone el procedimiento necesario para la obtención de la calificación energética de E.C.I. de Albacete a través de la aplicación informática CALENER Grandes edificios Terciarios (CALENER_GT). Se indican las características fundamentales de los sistemas y equipos que configuran las instalaciones del centro. Una vez obtenida la calificación, se han estudiado distintas alternativas para la mejora del consumo energético así como la limitación de emisiones de CO₂ del edificio.

En el sexto capítulo se citan las conclusiones a las que se ha llegado tras estudiar los resultados de los informes de la calificación así como los resultados

obtenidos después de caracterizar la influencia de los parámetros más importantes de las instalaciones y equipos del edificio.

Por último, al final del documento se incluyen tres anexos.

El primer anexo contiene el documento oficial generado por el programa LIDER que certifica el cumplimiento de la limitación de demanda de energía del edificio, de acuerdo a lo establecido en la sección HE-1 del documento básico HE del Código técnico de la Edificación. En este documento se resumen los datos introducidos en el programa y sus características principales.

En el segundo anexo se muestra el informe oficial de calificación energética del edificio, que resume de forma global y con un único índice la eficiencia de los sistemas e instalaciones del edificio, mediante la etiqueta de eficiencia energética adjudicada. Además, en este documento se agrupan los datos de construcción, de los equipos y de los sistemas definidos para la calificación del centro.

El último anexo contiene los planos tipo de uno de los sótanos y de una de las plantas así como una sección longitudinal del centro comercial El Corte Inglés situado en Albacete.

1.2 OBJETIVOS

Este proyecto fin de carrera es el resultado del trabajo desarrollado durante mi estancia como becario en el departamento de climatización de la empresa Promec S.A. c/arroyofresno 19, junto con la supervisión y colaboración de Esteban Domínguez. Este proyecto constituye una aplicación real del cálculo de la certificación energética de un inmueble, que se materializa en el edificio comercial de El Corte Inglés ubicado en Albacete.

Los objetivos que se persiguen con la elaboración de este proyecto son los siguientes:

- Obtener el informe de verificación de Limitación de Demanda Energética, empleando el programa LIDER, conforme a los requisitos de la sección HE-1 del documento básico de ahorro de energía HE del Código técnico de la Edificación para el centro comercial de El Corte Inglés ubicado en Albacete.

- Obtener el informe de Calificación Energética, empleando el programa CALENER_GT, del centro comercial El Corte Inglés de Albacete, asignando la correspondiente etiqueta de eficiencia energética.
- Estudiar los distintos niveles de ahorro energético y la correspondiente mejora de la calificación del edificio en función de los parámetros principales de la instalación de iluminación del edificio.
- Estudiar los distintos niveles de ahorro energético y la correspondiente mejora de la calificación del edificio del edificio en función de los parámetros principales de los equipos del edificio.

CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

2.1	EL PROBLEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL-----	8
2.2	AHORRO DE ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD-----	10
2.3	REAL DECRETO 47/2007 -----	11
2.3.1	ANTECEDENTES -----	11
2.3.2	REAL DECRETO 47/2007 -----	12

2.1 EL PROBLEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL

Es bien sabido que España carece de recursos energéticos útiles para la producción de energía a nivel nacional y su dependencia exterior de petróleo, gas natural y carbón está aumentando con el paso del tiempo, situándose actualmente alrededor del 75%. Esta situación se está viendo agravada debido al aumento del consumo energético y al descenso de la participación nuclear como consecuencia de la moratoria. Se estima que la dependencia de las importaciones se podría elevar hasta un 90% en unas pocas décadas.

En los últimos años, en España se ha disminuido el consumo de carbón debido a su elevado poder contaminante, potenciándose el consumo de petróleo y gas natural. El petróleo se consume mayoritariamente en el sector transporte y en menor medida en usos domésticos mediante GLP's (gases licuados del petróleo) como propano y butano. El gas natural se emplea en los ciclos combinados de alto rendimiento para generación eléctrica así como para usos domésticos de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS). Cabe mencionar la reciente instalación de plantas de cogeneración (generación de electricidad y calor a partir de una misma fuente de energía y de forma simultánea) que suelen funcionar con motores o turbinas de gas movidos por gas natural y que son un ejemplo de aprovechamiento energético.

En lo que respecta a las energías renovables, el Plan de Fomento de las Energías renovables (PFER) 1999-2010 previó triplicar la producción eléctrica a partir de estas fuentes para el año 2010, objetivo demasiado ambicioso como quedó demostrado en años posteriores. Este plan fue sustituido por el Plan de Energías Renovables (PER) en Agosto del 2005, en el cual se fijaron nuevos objetivos para el año 2010. A través del PER, el gobierno pretende fomentar la producción energética renovable aumentando las primas para compensar el mayor coste inicial de este tipo de instalaciones. Además ofrece ayudas directas para producción solar fotovoltaica y solar termoeléctrica. Ahora se puede decir que los mayores logros alcanzados se localizan en el sector eólico y en el de la biomasa. Sin embargo, los avances logrados en este sector quedan enmascarados por el aumento del consumo y a día de hoy solo un 6% de la producción eléctrica proviene de estas energías limpias. Aproximadamente el 54% de la energía eléctrica consumida es de origen fósil y el 40% restante se reparte en nuclear (25%) e hidráulica (15%).

Por otra parte, con la aprobación del PER, España se sumó al reto global que planteó el Protocolo de Kioto de 1997 de reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en un 5% respecto a las de 1990 en el periodo 2008-2012. Debido a su bajo nivel económico, a España se le permitió aumentar sus emisiones en no más de un 15% respecto a las emitidas en 1990. En la actualidad, el incremento del consumo ha provocado que las emisiones de GEI sean alrededor de un 50% mayor que las de 1990 por lo que cuando llegue el momento, España tendrá que pujar en el mercado de emisiones y comprar derechos de emisión a países con excedentes.

Para analizar este problema desde un punto de vista económico, se suele definir lo que se conoce como Intensidad Energética, que es la relación entre el consumo energético per cápita y el PIB per cápita deflactado. A través de esta relación es posible conocer si un país es un "derrochador de energía", en el sentido de que consume demasiada energía para la riqueza que produce.

Durante la primera etapa del desarrollo de un país, la intensidad energética va ascendiendo como consecuencia de la construcción de industrias pesadas como siderurgias o cementeras que consumen grandes cantidades de energía. Este ascenso tiene un máximo suave y una segunda etapa descendente que es el reflejo de la evolución de la economía hacia el sector servicios, de menor consumo que el industrial.

El comportamiento descrito para la evolución de la intensidad energética es el que corresponde a la gran mayoría de los países europeos, sin embargo, en España la intensidad energética en los últimos años está aumentando por encima de la media europea. Este comportamiento atípico español es debido al gran aumento del transporte por carretera así como al tremendo desarrollo que ha experimentado el sector de la edificación en los últimos años. Tanto en el sector transporte como el sector de la edificación se consumen grandes cantidades de energía que no vienen acompañadas por un aumento en la generación de riqueza. A estos dos fenómenos se suma el hecho de que cada vez el sector terciario demanda mayor confort y mayores actividades de ocio, lo que deriva también en un incremento del consumo energético.

2.2 AHORRO DE ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD

Como se ve, el panorama energético español actual no es muy alentador y las perspectivas para el futuro estarán siempre condicionadas por la elevada dependencia energética del exterior. Así las cosas, una buena opción para paliar este grave problema es el ahorro energético, el cual España debe enfocar muy especialmente hacia el sector de la edificación, debido a su enorme desarrollo en los últimos años y donde tradicionalmente el derroche de energía ha sido notable. Hasta hace unos pocos años, el gasto energético en este sector no se consideraba un problema puesto que en relación al consumo de la industria, no representaba un porcentaje relevante. Sin embargo, si tenemos en cuenta que se han construido una media de 500.000 viviendas por año desde el 2002 hasta hoy, se entiende por qué este sector ha adquirido una gran importancia.

En la actualidad, algunos países (especialmente China y EEUU) están apostando por la energía nuclear debido a la imposibilidad de abastecer la gran demanda energética mediante fuentes renovables y combustibles fósiles tradicionales. Hoy por hoy, la alternativa de la energía nuclear en España está descartada como consecuencia de las grandes presiones sociales.

Por otro lado, es fundamental que el desarrollo sea un desarrollo sostenible. En 1987, la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, empleó por primera vez este concepto en el informe "Nuestro Futuro Común" (Our Common Future). En dicho informe socio-económico se define el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades del futuro". El "Informe Brundtland" (nombre con el que se conoce a este informe en honor a la doctora noruega Gro Harlem Brundtland) representa el primer intento de eliminar el enfrentamiento entre desarrollo y sostenibilidad. Este informe avisaba del rumbo erróneo que estaba tomando la sociedad global y tuvo un gran impacto en la comunidad internacional. Importantes estudios afirman que el sistema energético español es insostenible a largo plazo.

2.3 REAL DECRETO 47/2007

2.3.1 ANTECEDENTES

El 16 de diciembre del año 2002 se aprobó en Bruselas la Directiva 2002/91/CE del parlamento europeo y del consejo de la unión europea relativa a la eficiencia energética de los edificios. El objetivo de esta Directiva era literalmente *“fomentar la eficiencia energética de los edificios de la comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia”*.

Esta Directiva es una de las medidas que adoptó la Unión Europea para poder cumplir con lo dispuesto en el Protocolo de Kioto de 1997, por el cual se comprometió a reducir sus emisiones de Gases de efecto invernadero en un 8% con respecto a las de 1990 para el periodo 2008-2012.

En esta Directiva, se destaca que el sector de la edificación absorbe más del 40% del consumo final de energía en la UE y se hace hincapié en la importancia de hacer un uso prudente y racional de la energía. Además establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética.

Las transposiciones de esta Directiva en cada uno de los países miembros serán de obligado cumplimiento para todos los edificios de nueva construcción con contadas excepciones que se establecen en el punto 3 del artículo 4.

Los aspectos más destacados a los que hace referencia esta Directiva son los siguientes:

- ◆ Marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia integrada de los edificios.
- ◆ Requisitos mínimos de eficiencia energética para edificios nuevos según categorías.
- ◆ Mejoras para edificios existentes con más de 1000 m² de superficie útil.
- ◆ Expedición de un certificado de eficiencia energética del edificio.

- ◆ Establecimiento del periodo de mantenimiento e inspección de calderas y equipos de aire acondicionado según potencia nominal efectiva.

En resumen, los Estados miembros deben aplicar unos requisitos mínimos en materia de rendimiento energético a los edificios nuevos o a los ya existentes, velar por la certificación del rendimiento energético de los edificios e imponer la inspección periódica de las calderas y los sistemas de climatización en los edificios.

Basándose en las directrices generales que estableció esta Directiva, los países miembros de la UE han elaborado sus propios certificados de eficiencia energética. Con este fin, el 19 de Enero de 2007 se aprobó en España el Real Decreto 47/2007.

2.3.2 REAL DECRETO 47/2007

El 19 de Enero de 2007 se aprobó en España el Real Decreto 47/2007 en el que se establece el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

El objetivo principal de este real decreto es "establecer el procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación energética, considerando aquellos factores que incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios de nueva construcción o que se modifiquen, reformen o rehabiliten en una extensión determinada así como establecer las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados y aprobar un distintivo común en todo el territorio nacional denominado etiqueta de eficiencia energética "

El Real decreto pasó a tener carácter obligatorio el 31 de Octubre de 2007, seis meses después de su entrada en vigor.

Este real decreto se divide en 5 capítulos que engloban un total de 17 artículos. A continuación se resumen los más relevantes:

Artículo 1. Objeto, finalidad y definiciones

El objeto de este real decreto ya se ha comentado. La finalidad del real decreto es la promoción de la eficiencia energética en los edificios.



Entre las definiciones que se establecen cabe destacar las siguientes:

- Eficiencia energética de un edificio: Consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.
- Etiqueta de eficiencia energética: Distintivo que indica el nivel de calificación obtenida por el proyecto o por el edificio terminado.

Artículo 2. Ámbito de aplicación

Este procedimiento es de obligado cumplimiento para:

- Edificios de nueva construcción
- Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

Quedan excluidos del obligado cumplimiento los siguientes edificios:

- Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno protegido o por su valor arquitectónico o histórico.
- Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
- Construcciones provisionales, con un plazo de utilización igual o inferior a dos años.
- Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m².
- Edificios industriales y agrícolas, en la parte destinada a talleres, procesos industriales y agrícolas no residenciales.

El Artículo 3, en el que no se va a incidir, hace referencia a los documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética.

Artículo 4. Calificación de eficiencia energética de un edificio

Se entiende por "calificación de eficiencia energética" la expresión del consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

La obtención de esta calificación puede realizarse a través de una de las dos opciones siguientes:

● **Opción general:** en este caso, la calificación se obtiene a través de un programa informático que desarrolla la metodología de cálculo expuesta en este real decreto.

El programa informático de Referencia será de aplicación en todo el territorio nacional. La versión oficial de este programa se denomina CALENER, siendo un software de libre uso.

También es posible emplear un programa informático Alternativo que cumpla con las especificaciones técnicas de la metodología de cálculo y que cuente con el reconocimiento del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, así como del Ministerio de Vivienda.

● **Opción simplificada:** desarrolla la metodología de cálculo de manera indirecta. En el capítulo 3 se desarrollará, con detalle, esta opción.

Artículo 5. Certificación de eficiencia energética de un edificio

La certificación de eficiencia energética de un edificio es el proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto del edificio y por el edificio terminado y que conduce a la expedición de un certificado de eficiencia energética del proyecto y de edificio terminado respectivamente.

El certificado de eficiencia energética recogerá, como mínimo, la siguiente información:

- ◆ Identificación del edificio.
- ◆ Normativa energética aplicable en el momento de la construcción.
- ◆ Descripción de las características energéticas del inmueble.
- ◆ Calificación energética del edificio.
- ◆ Pruebas, inspecciones y comprobaciones realizadas.

En los Artículos 6 y 7, se incide en la distinción entre el certificado de eficiencia energética del proyecto y el certificado de eficiencia energética del

edificio terminado. Para establecer la conformidad de la información contenida en el certificado de eficiencia energética con el edificio terminado, se realizarán las pruebas, comprobaciones e inspecciones necesarias durante la fase de ejecución del edificio.

Los Artículos 8 y 9 definen las competencias en temas de control externo e inspecciones.

Artículo 10. Validez, renovación y actualización del certificado de eficiencia energética.

El certificado de eficiencia energética tendrá una validez máxima de 10 años. El propietario del edificio será el responsable de la renovación o actualización del certificado de eficiencia energética conforme a las condiciones que establezca el órgano competente de la comunidad autónoma.

Artículo 11. Etiqueta de eficiencia energética.

La etiqueta de eficiencia energética es el instrumento que garantiza el derecho a la información de los consumidores y, por tanto, debe incluirse en las ofertas, promoción o publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio.

Deberá figurar siempre, de forma clara e inequívoca en la etiqueta, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

Artículo 12. Obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética

Todos los edificios ocupados por la administración pública o instituciones que presten servicios públicos con una superficie útil total superior a 1000 m² exhibirán, de forma obligatoria, la etiqueta de eficiencia energética.

Para el resto de edificios la exhibición pública de la etiqueta tendrá carácter voluntario.

Los Artículos 14, 15 y 16 se refieren a las funciones, composición y organización de la comisión asesora para la certificación de eficiencia energética. Dichos Artículos no serán tratados en el presente documento.

El Artículo 17 se refiere al régimen sancionador y no se va a tratar.

El Real Decreto 47/2007 consta también de dos Anexos en los que se detalla, de manera más concreta, la metodología de cálculo a seguir para la obtención de la calificación de eficiencia energética y la etiqueta de eficiencia energética.

Anexo I. Especificaciones técnicas de la metodología del cálculo de la calificación de eficiencia energética (Opción general)

El método a emplear se basa en el sistema denominado "auto-referente", que consiste en comparar el edificio a certificar con otro denominado edificio de referencia. El edificio de referencia deberá tener las siguientes características:

- Misma forma y tamaño que el edificio a certificar.
- Misma zonificación interior y mismo uso de cada zona que tenga el edificio a certificar.
- Mismos obstáculos remotos del edificio a certificar.
- Calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta que cumplan con los requisitos que figuran en la opción simplificada de la sección HE1 del código técnico de la edificación (CTE).
- Mismo nivel de iluminación que el edificio a certificar y un sistema de iluminación que cumpla con los requisitos que figuran en la sección HE3 del CTE.
- Instalaciones térmicas de referencia en función del uso y del servicio del edificio acorde con los requisitos que figuran en la sección HE2 del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y en la sección HE4 del CTE.
- Contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica conforme a la sección HE5 del CTE en los casos en que así lo exija el documento básico de ahorro de energía del CTE.

Mediante el uso del programa informático, se deberán obtener los siguientes datos:

- Consumo de energía final hora a hora mediante el cálculo de la demanda horaria y el cálculo del rendimiento medio horario de los sistemas.

- Cálculo del consumo horario de todos los equipos como luminarias, calderas, plantas enfriadoras, equipos autónomos de expansión directa, ventiladores, bombas, sistemas de condensación, etc.
- Cálculo del consumo horario de todos los equipos en carga parcial.
- Cálculo del consumo horario de equipos en función de la variación de los parámetros de operación como temperatura de distribución, temperatura del aire exterior, etc.
- Cálculo de los consumos horarios asociados a demandas sensibles y latentes.

El programa informático deberá contemplar los siguientes aspectos:

- Disposición y orientación del edificio.
- Condiciones ambientales interiores y condiciones climáticas exteriores.
- Características térmicas de los cerramientos.
- Sistemas solares pasivos y protección solar.
- Instalaciones térmicas de los edificios individuales y colectivas.
- Ventilación natural.
- Instalación de iluminación interior artificial.
- Iluminación natural.
- Sistemas solares activos.
- Electricidad producida por cogeneración.

La última parte de este primer Anexo se refiere a la validación de programas informáticos alternativos y no se va a profundizar en ella.

Anexo II. Etiqueta de eficiencia energética

La etiqueta de eficiencia energética deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

1.- Zona climática donde se ubique el edificio, de acuerdo a la sección HE1 del CTE.

2.- Valor numérico del consumo de energía primaria estimado del edificio, expresado en kwh/año, y de emisiones de dióxido de carbono, expresado en kgCO₂/año, así como los ratios por m² de superficie (solo cuando se emplee la opción general).

3.- Inclusión del texto siguiente: "El consumo de energía y sus emisiones de carbono es el obtenido por el programa para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio.

4.- El consumo real del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono, dependerán del comportamiento del edificio y de las condiciones climáticas en otros factores (sólo cuando se utilice la opción general).

5.- Inclusión del texto siguiente: "La calificación de eficiencia energética se ha obtenido mediante el procedimiento simplificado recogido en el documento (cuando se emplee la opción simplificada).

6.- Indicación de si se refiere a la calificación de eficiencia energética del proyecto o del edificio terminado.

7.- Fecha de validez de la etiqueta energética, con el rótulo: "Válida hasta dd/mm/aaaa".

También figuran en este anexo los colores que deben usarse en el distintivo.

La calificación de eficiencia energética que se asigna al edificio será la correspondiente al índice de calificación, que va desde la letra A, que corresponde al edificio más eficiente, a la letra G, correspondiente al edificio menos eficiente.

A continuación se muestra la estructura de la etiqueta de eficiencia energética:

Calificación Energética de Edificios proyecto/edificio terminado	
<p>Más</p> <p>Menos</p>	
Edificio: _____	
Localidad/Zona climática: _____	Zona climática
Uso del Edificio: _____	Uso del inmueble
Consumo Energía Anual: _____ kWh/año (_____ kWh/m ²)	Consumo
Emisiones de CO ₂ Anual: _____ kgCO ₂ /año (_____ kgCO ₂ /m ²)	Emisiones de CO₂
<p><i>El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____ para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación</i></p> <p><i>El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i></p>	

Figura 2.1. Etiqueta de eficiencia energética

Esta etiqueta permite evaluar y comparar las prestaciones energéticas y el nivel de emisiones de CO₂ de los edificios, aportado al usuario nuevos criterios para la compra.

En el caso de edificios destinados a viviendas, la asignación de cada uno de estos índices se realiza en función de dos parámetros que se denominan C1 y C2. Esta clasificación se recoge en la tabla I.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0.15$
B	$0.15 \leq C1 < 0.50$
C	$0.50 \leq C1 < 1.00$
D	$1.00 \leq C1 < 1.75$
E	$C1 > 1.75$ y $C2 < 1.00$
F	$C1 > 1.75$ y $1.00 \leq C2 < 1.5$
G	$C1 > 1.75$ y $1.50 \leq C2$

Tabla 2.1. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a viviendas

En el caso de edificios destinados a otros usos, la asignación de cada uno de éstos índices se realiza en función de un único parámetro denominado C, que es el cociente entre las emisiones de CO₂ del edificio a certificar y las emisiones de CO₂ del edificio de referencia. Esta clasificación es recogida en la tabla II.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

Tabla 2.2. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos

CAPÍTULO 3:
DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE
ENERGÍA HE

ÍNDICE

3.1	INTRODUCCIÓN	24
3.2	HE 1 LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA	25
3.2.1	ZONA CLIMÁTICA	25
3.2.2	CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS.....	26
3.2.3	ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO	26
3.2.4	CONDENSACIONES	32
3.2.5	PERMEABILIDAD AL AIRE.....	32
3.2.6	OPCIÓN SIMPLIFICADA	33
3.2.7	OPCIÓN GENERAL.....	43
3.3	HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS.....	45
3.4	HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	46
3.4.1	VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	46
3.4.2	OTROS PARÁMETROS RELEVANTES	48
3.4.3	SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	50
3.4.4	EQUIPOS.....	53
3.4.5	RESULTADOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	57
3.5	HE 4 CONTIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	57
3.5.1	ZONAS CLIMÁTICAS.....	57
3.5.2	CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA.....	58
3.5.3	CÁLCULO DE LA DEMANDA.....	60
3.5.4	SISTEMAS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	62
3.5.5	EXIGENCIAS GENERALES	67
3.6	HE 5 CONTIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	70
3.6.1	ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	70

3.6.2	ZONAS CLIMÁTICAS.....	70
3.6.3	DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR	70
3.6.4	COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN CON CONEXIÓN A RED.....	72
3.6.5	EXIGENCIAS GENERALES	75

3.1 INTRODUCCIÓN

El 17 de Marzo de 2006 fue aprobado por el ministerio de Vivienda el Real Decreto 314/2006, entrando en vigor el 28 de Marzo de 2006. En lo que respecta al documento básico de ahorro de energía HE, pasaba a tener carácter obligatorio el 29 de Septiembre de 2006, 6 meses después de la entrada en vigor. Tras un periodo de coexistencia de un año, la viejas Normas Básicas de la Edificación (NBE-CT-79, NBE-CA-88, etc.) quedaban derogadas.

A través de este Código Técnico de la Edificación se crea un nuevo marco normativo para regular las exigencias básicas de calidad en los edificios. El CTE está dividido en 3 capítulos con un total de 15 artículos. El capítulo 3 contiene los documentos básicos de calidad que se desarrollan en los artículos 10, 11, 12, 13, 14 y 15. A continuación se muestra la estructura dada en el CTE:

- ◆ Artículo 10: Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)
- ◆ Artículo 11: Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)
- ◆ Artículo 12: Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU)
- ◆ Artículo 13: Exigencias básicas de salubridad (HS)
- ◆ Artículo 14: Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)
- ◆ Artículo 15: Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

Como se ha visto en el capítulo 1, para la obtención de una calificación energética reconocida, obligatoriamente el edificio debe cumplir con las exigencias de ahorro de energía del CTE. Como se acaba de ver, estas exigencias están recogidas en el **artículo 15** que se estructura como se muestra a continuación:

- ◆ HE 1: Limitación de demanda energética
- ◆ HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- ◆ HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones e iluminación
- ◆ HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS)
- ◆ HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

El objetivo que persigue este requisito básico es lograr que se haga un uso racional de la energía en los edificios así como conseguir que una parte del consumo proceda de fuentes renovables (energía solar térmica y solar fotovoltaica fundamentalmente). En definitiva se pretende que el consumo sea un consumo sostenible. Es fundamental tener en cuenta que esta limitación del consumo energético no debe afectar a las condiciones de bienestar térmico de los ocupantes del inmueble.

En los próximos puntos se detallan cada una de estas secciones que constituyen el documento básico de ahorro de energía HE.

3.2 HE 1 LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

En esta primera sección, se define la envolvente térmica del edificio dando valores límite para los parámetros característicos en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio. Además se detallan los datos necesarios para poder llevar a cabo la definición geométrica y constructiva del edificio.

Por otro lado se establecen los cálculos para limitar las condensaciones superficiales y las condensaciones intersticiales que podrían producirse en los cerramientos y particiones interiores.

A continuación se van a resumir los puntos más importantes de esta sección.

3.2.1 ZONA CLIMÁTICA

Se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, que corresponde a la severidad de invierno (A, B, C, D o E), y un número, que corresponde a la severidad de verano (1, 2, 3 o 4). Las 12 divisiones que resultan para España son A3, A4, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 y E1.

De manera general, la zona climática en la que se encuentra el edificio se determina a partir de los valores tabulados que se encuentran en el apéndice D del documento. La zona climática se obtiene de forma directa en el caso en el que el edificio esté localizado en una capital de provincia, si no es así, habrá que conocer la diferencia de altura entre la localidad y la altura de referencia de su capital de su provincia, determinando la zona según los rangos establecidos. Si esta diferencia es menor de 200 m puede tomarse la zona correspondiente a la capital de provincia.

En lugar de emplear los datos tabulados, en zonas que dispongan de datos climáticos contrastados, se puede obtener la zona climática calculando previamente las severidades de invierno y de verano.

3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

- ◆ Según demanda térmica:

Espacios con baja carga interna: espacios destinados a residencia eventual o permanente en los que se disipa poco calor.

Espacios con alta carga interna: espacios con elevada ocupación, gran iluminación o alta concentración de equipos.

- ◆ Según humedad interior (norma EN ISO 13788: 2002):

Espacios de clase higrométrica 5: espacios con gran producción de humedad.

Espacios de clase higrométrica 4: espacios con alta producción de humedad.

Espacios de clase higrométrica 3 o inferior: espacios en los que no se prevé una alta producción de humedad. Se incluyen aquí todos los espacios de edificios residenciales y de tipo comercial.

3.2.3 ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO

La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables.

Según su situación, se clasifican en:

- ◆ Cubiertas: inclinación inferior a 60° respecto a la horizontal.
- ◆ Suelos: cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados.
- ◆ Fachadas: cerramientos exteriores en contacto con el aire y con inclinación superior a 60° respecto a la horizontal.
- ◆ Medianerías: cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos.

- ◆ Cerramientos en contacto con el terreno. Pueden ser suelos en contacto con el terreno, muros en contacto con el terreno o cubiertas enterradas.
- ◆ Particiones interiores: son elementos constructivos horizontales o verticales que separan, en recintos, el interior del edificio.

Parámetros característicos que definen la envolvente térmica

Los parámetros se agrupan en los siguientes tipos:

- Transmitancia térmica de muros de fachada U_M .
- Transmitancia térmica de cubiertas U_C .
- Transmitancia térmica de suelos U_S .
- Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T .
- Transmitancia térmica de huecos U_H .
- Factor solar modificado de huecos F_H .
- Factor solar modificado de lucernarios F_L .
- Transmitancia térmica de medianerías U_{MD} .

Para cada uno de éstos parámetros, se establecen unos valores máximos (U_{\max} y F_{\max}) en función de la zona climática, que no deben superarse en ningún caso. Por otro lado, también están tabulados unos valores límite para los parámetros característicos medios (U_{\lim} y F_{\lim}). Estos parámetros característicos medios se obtienen ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento, según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece, esto es:

$$U_{\text{medio}} = \frac{\sum U_j \cdot A_j}{\sum A_j} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right] \text{ donde } j \text{ representa todos los posibles tipos de}$$

cerramientos en una orientación determinada.

La transmitancia de un cerramiento (fachada, cubierta y medianería) se obtiene según:

$$U_j = \frac{1}{R_{si} + \sum_{j=1}^{\text{capas}} \frac{e_j}{\lambda_j} + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad \text{donde}$$

R_{si} [$m^2 K / W$] es la resistencia térmica superficial del aire interior

R_{se} [$m^2 K / W$] es la resistencia térmica superficial del aire exterior

e_j [m] son los espesores de las capas del cerramiento

λ_j [W / mK] son las conductividades de los elementos constructivos

Los valores de las resistencias superficiales se encuentran tabulados en esta misma sección del DB:

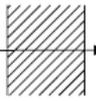
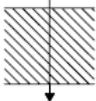
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

Tabla 3.1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2K/W

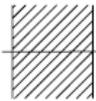
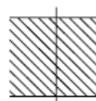
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente 	0,17	0,17

Tabla 3.2. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m^2K/W

La transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno (muros, cubiertas enterradas y suelos) depende de muchos factores y se deberá estudiar cada caso en concreto.

La transmitancia de huecos se calcula con la siguiente expresión:

$$U_H = 1 - FM \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$U_{H,v}$ [W/m²K]: transmitancia térmica de la parte semitransparente

$U_{H,m}$ [W/m²K]: transmitancia térmica del marco

FM : fracción del hueco ocupada por el marco

El factor solar modificado de huecos y lucernarios (F_H y F_L) se obtiene con la siguiente expresión:

$$F = F_S \cdot \left[1 - FM \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0.04 \cdot U_m \cdot \alpha \right]$$

F_S : factor de sombra

FM : fracción del hueco ocupada por el marco

g_{\perp} : factor solar de la parte semitransparente a incidencia normal

U_m : transmitancia térmica del marco

α : absorptividad del marco

La absorptividad del marco α depende del color de su cara exterior. Los valores recomendados en este HE-1 se encuentran tabulados.

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Tabla 3.3. Absorptividad del marco

El factor de sombra para obstáculos de fachada, se encuentra tabulado en función del tipo de elemento de que se trate (voladizo, retranqueo, lama o toldo). Según el caso concreto, este factor puede depender además de

relaciones geométricas, de la orientación, del ángulo de inclinación y del tipo de tejido. El factor de sombra para lucernarios sólo depende de relaciones geométricas.

En la tabla siguiente se muestran los valores máximos que se establecen en este DB-HE para las transmitancias térmicas de cerramientos y particiones interiores:

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m
⁽²⁾ Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

Tabla 3.4. Valores máximos para transmitancias térmicas de cerramientos y particiones interiores en [W/m²K]

En la tabla siguiente se muestran, a modo de ejemplo, los valores límite de los parámetros medios para Madrid (zona climática D3):

ZONA CLIMÁTICA D3										
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno					U_{Mlim}: 0,66 W/m² K					
Transmitancia límite de suelos					U_{Slim}: 0,49 W/m² K					
Transmitancia límite de cubiertas					U_{Clim}: 0,38 W/m² K					
Factor solar modificado límite de lucernarios					F_{Llim}: 0,28					
% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U _{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F _{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm}, definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

Tabla 3.5. Valores límite para transmitancias térmicas y factores solares medios zona D3

En el caso de los muros de fachada, el cálculo se debe hacer separando por orientaciones que quedan definidas en la siguiente figura:

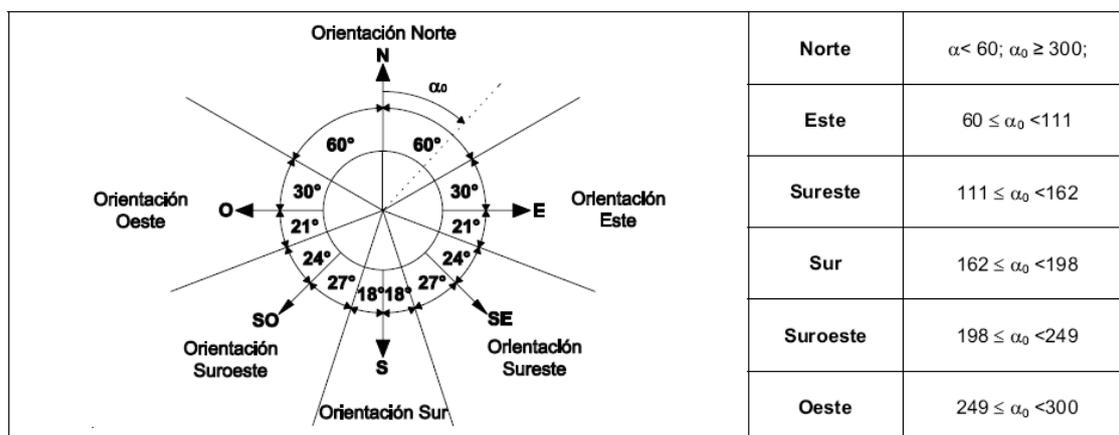


Figura 3.1. Orientaciones de las fachadas

La orientación de una fachada se obtiene mediante el ángulo α , que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.

Obsérvese que la transmitancia media de huecos habrá que calcularla en función del porcentaje de huecos y de la orientación de la fachada (tabla 3.5), puesto que los valores límite difieren en función de ambas características.

El porcentaje de huecos es la fracción del área total de la fachada ocupada por los huecos de la misma expresada en porcentaje, esto es:

$$\% Huecos = \frac{Area\ huecos}{Area\ huecos + Area\ fachada}$$

El cálculo más laborioso es el del factor solar modificado de huecos, ya que en este caso entra en juego el tipo de espacio de que se trate (baja carga interna o alta carga interna)

Como se ve, a medida que el porcentaje de huecos de la fachada aumenta, la condición que impone este DB-HE se vuelve más restrictiva puesto que los valores límite de transmitancia de huecos y del factor solar modificado de huecos disminuyen, limitando con ello la transferencia de calor.

Productos de construcción

Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrométricas: conductividad térmica, la densidad, el calor específico y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua.

Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:

- Parte semitransparente: transmitancia térmica y factor solar
- Marco: transmitancia térmica y absorptividad.

3.2.4 CONDENSACIONES

◆ Condensaciones superficiales: para limitar la formación de mohos en las superficies interiores de los cerramientos exteriores y en las particiones interiores, la humedad relativa media mensual, en dicha superficie, será inferior al 80%.

◆ Condensaciones intersticiales: para evitar la pérdida de funcionalidad en los cerramientos y particiones interiores, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no deberá superar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

3.2.5 PERMEABILIDAD AL AIRE

Esta característica de la carpintería de los huecos (puertas, ventanas y lucernarios de los cerramientos y cubiertas), se debe limitar con el fin de evitar una excesiva entrada de aire exterior.

La permeabilidad al aire, medida con una sobrepresión de 100 pascales, tendrá unos valores inferiores a:

- 50 m³/h m² para las zonas climáticas A y B.
- 27 m³/h m² para las zonas climáticas C, D y E.

Como ya se mencionó en el capítulo 1 y según figura en el artículo 4 del Real Decreto 47/2007, para obtener la certificación energética de un edificio pueden emplearse 2 procedimientos: la opción simplificada y la opción general. En esta sección HE-1 del CTE se desarrollan ambas opciones. Se exponen a continuación, de forma resumida, las consideraciones más importantes a tener en cuenta.

3.2.6 OPCIÓN SIMPLIFICADA

Esta opción se basa en controlar la demanda energética del edificio imponiendo unas limitaciones sobre los parámetros característicos de transferencia de calor de los cerramientos y las particiones interiores de la envolvente térmica.

Para poder aplicar esta opción en la certificación de un edificio, éste debe cumplir simultáneamente las 2 condiciones siguientes:

- Porcentaje de huecos en cada fachada inferior al 60% de la superficie
- Porcentaje de lucernarios inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Como excepción, el porcentaje de huecos puede superar el 60% en fachadas que contribuyan con menos del 10% del área total del edificio.

Procedimiento operativo

1. Determinar la zona climática.
2. Clasificar los espacios.
3. Definir la envolvente térmica y los cerramientos.
4. Comprobar la limitación en cuanto a permeabilidad del aire.
5. Calcular los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores.

Conformidad con la limitación de demanda energética

1. Comprobar que las transmitancias térmicas de los cerramientos y particiones tienen valores inferiores a los máximos permitidos (tabla 3.4).

2. Calcular la media de los distintos parámetros característicos. En los casos en que sea necesario, habrá que diferenciar según orientación, porcentaje de huecos y carga interna.

3. Comprobar que los valores de los parámetros medios son inferiores a los valores límite (según la tabla correspondiente a la zona climática).

4. En edificios de vivienda, comprobar la limitación de la transmitancia térmica de las particiones interiores que separan las zonas de uso de las zonas comunes.

Por último se han de comprobar las condensaciones:

- Condensaciones Superficiales

La comprobación debe hacerse sobre:

1.- los cerramientos y particiones. Se debe tener en cuenta que, para los cerramientos que cumplan con los valores de transmitancia máxima de la tabla 3.4 ($U_M < U_{M, \max}$) la verificación de esta condición está asegurada, siempre que se trate de espacios con clase higrométrica 4 o menor.

2.- Puentes térmicos. Para evitar la formación de condensaciones superficiales, se debe comprobar que el factor de temperatura de la superficie interior es mayor que el factor de temperatura de la superficie interior mínimo, es decir:

$$f_{rsi} > f_{rsi, \min}$$

El factor de temperatura de la superficie interior mínimo está tabulado en función de la clase higrométrica del espacio y de la zona climática del edificio:

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

Tabla 3.6. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{rsi, \min}$

El factor de temperatura de la superficie interior se calcula a partir de la transmitancia de cada cerramiento, partición o puente térmico según la expresión:

$$f_{rsi} = 1 - 0.25 \cdot U \quad \text{donde } U \text{ es la transmitancia térmica en [W/m}^2\text{K]}$$

- Condensaciones Intersticiales

La comprobación debe hacerse sobre los cerramientos.

Para evitar la formación de condensaciones intersticiales, se debe comprobar que la presión de vapor en cada punto intermedio de un cerramiento formado por varias capas, es inferior a la presión de vapor de saturación.

$$(p_V)_{\text{superficie}} < p_{V,SAT} \quad \forall \text{ capas}$$

En este caso, el cálculo es algo más tedioso puesto que para poder llevar a cabo la comparativa, habrá que obtener la distribución de temperatura, la distribución de la presión de vapor y la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo del espesor del cerramiento

1.- Cálculo de la distribución de temperaturas.

El cálculo de la distribución de temperaturas se basa en imponer que el flujo de calor que atraviesa el cerramiento es el mismo para cada una de las capas que lo componen. En realidad se está imponiendo que el flujo es estacionario, por lo que no se acumula calor en el interior del muro. En general la expresión para el flujo de calor a través del muro será:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{donde:}$$

U [W/m²K] es el coeficiente global de transferencia de calor

A [m²] es el área transversal del muro

ΔT [K] es la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior

Asumiendo que las capas son homogéneas y que el área transversal coincide para todas ellas, se puede escribir:

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{\theta_i - \theta_e}{R_T} \text{ donde:}$$

q [W/m^2] es el flujo de calor por unidad de área transversal

θ_i, θ_e [K] son las temperaturas interior y exterior

R_T [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$] es la resistencia térmica total, inverso de U

Esta expresión es general y se puede aplicar a cada una de las capas que componen el muro de modo que se puede obtener así la temperatura en cada una de las superficies.

Como ejemplo se considera el muro de 4 capas que se muestra en la figura 2.2. Se ha considerado un flujo con sentido saliente (condiciones de invierno) puesto que en verano no se dan problemas de condensaciones.

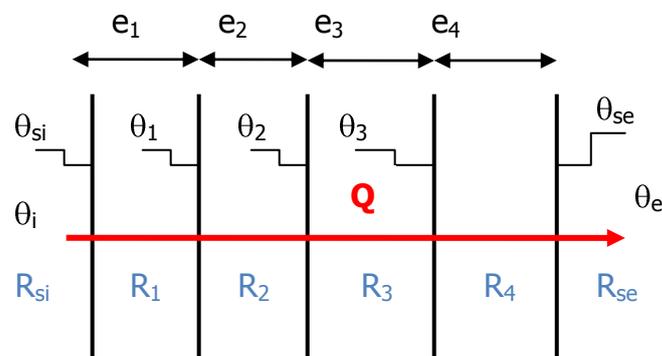


Figura 2.2. Muro de 4 capas: flujo saliente

Cada una de las resistencias térmicas R_j , se obtiene como cociente del espesor y la conductividad térmica de la capa $R_j = e_j / \lambda_j$ [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$].

Obsérvese que la temperatura de la superficie interior no coincide con la temperatura interior del local y la temperatura de la superficie exterior no coincide con la temperatura del ambiente exterior. Este fenómeno se debe a las resistencias térmicas superficiales que actúan tanto en el interior (R_{si}) como en el exterior (R_{se}) del local. Estas resistencias se podrían obtener previo cálculo de los coeficientes de convección, según las relaciones:

$$R_{se} = 1/h_e \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_{si} = 1/h_i \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Como se mencionó anteriormente, en el documento HE-1 que se está tratando, no figuran valores para los coeficientes convectivos y su cálculo mediante correlaciones de transferencia de calor resultaría muy complejo. En su lugar, se presentan 2 tablas para los valores de las resistencias superficiales (véase tablas 3.1 y 3.2).

Si se impone igual flujo de calor en cada una de las capas, se obtienen las ecuaciones que determinan la temperatura de la superficie interna, la de la superficie exterior y la de cada una de las capas.

$$q = \frac{\theta_i - \theta_e}{R_T} = \frac{\theta_i - \theta_{si}}{R_{si}} = \frac{\theta_{si} - \theta_1}{R_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{R_2} = \frac{\theta_2 - \theta_3}{R_3} = \frac{\theta_3 - \theta_{se}}{R_4} = \frac{\theta_{se} - \theta_e}{R_{se}}$$

$$\theta_{si} = \theta_i - \frac{R_{si}}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad ; \quad \theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_1 = \theta_{si} - \frac{R_1}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad ; \quad \theta_2 = \theta_1 - \frac{R_2}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad ; \quad \theta_3 = \theta_2 - \frac{R_3}{R_T} (\theta_i - \theta_e)$$

Como se ve, los datos necesarios para poder realizar este cálculo son:

- Temperatura interior: por defecto se toma 20°C para todos los meses del año.
- Temperatura del ambiente exterior: se toma la media del mes de enero correspondiente a la localidad donde está emplazado el edificio (se puede obtener de las tablas de datos climáticos).
- Resistencias térmicas superficiales (convectivas): se encuentran tabuladas en este DB.

Finalmente, la distribución de temperatura se obtiene considerando tramos lineales dentro de cada capa.

2.- Cálculo de la distribución de la presión de vapor de saturación.

Para cada una de las temperaturas obtenidas se determina la presión de saturación mediante las relaciones psicrométricas:

$$P_{SAT}(\theta) = 610.5 \cdot e^{\frac{17.269 \cdot \theta}{237.3 + \theta}} \quad \text{si } \theta \geq 0^\circ \text{C}$$

$$P_{SAT}(\theta) = 610.5 \cdot e^{\frac{21.875 \cdot \theta}{265.5 + \theta}} \quad \text{si } \theta < 0^\circ \text{C}$$

Así se obtienen los valores $P_{1,SAT}$; $P_{2,SAT}$... $P_{j,SAT}$

3.- Cálculo de la distribución de la presión de vapor.

La presión de vapor interior y exterior se calculan con la temperatura y la humedad relativa:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_i = \phi_i \cdot P_{SAT}(\theta_i) = \phi_i \cdot 610.5 \cdot e^{\frac{17.269 \cdot \theta_i}{237.3 + \theta_i}} \\ P_e = \phi_e \cdot P_{SAT}(\theta_e) = \phi_e \cdot 610.5 \cdot e^{\frac{17.269 \cdot \theta_e}{237.3 + \theta_e}} \end{array} \right\} \quad \text{si } \theta \geq 0^\circ \text{C}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_i = \phi_i \cdot P_{SAT}(\theta_i) = \phi_i \cdot 610.5 \cdot e^{\frac{21.875 \cdot \theta_i}{265.5 + \theta_i}} \\ P_e = \phi_e \cdot P_{SAT}(\theta_e) = \phi_e \cdot 610.5 \cdot e^{\frac{21.875 \cdot \theta_e}{265.5 + \theta_e}} \end{array} \right\} \quad \text{si } \theta < 0^\circ \text{C}$$

El valor de humedad relativa interior que se toma por defecto depende de la clase higrométrica del espacio considerado:

$$\phi_i = \left\{ \begin{array}{ll} \text{clase higrométrica 5} & 70\% \\ \text{clase higrométrica 4} & 62\% \\ \text{clase higrométrica 3 o inferior} & 55\% \end{array} \right\}$$

El valor de humedad relativa exterior se encuentra tabulado, en forma de valor medio mensual, para todas las capitales de provincia.

La presión de vapor en cada una de las superficies internas se obtiene según la expresión:

$$P_1 = P_i - \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} P_i - P_e \quad ; \quad P_2 = P_1 - \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} P_i - P_e \quad ; \quad P_3 = P_2 - \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} P_i - P_e$$

En general, la presión en una capa j será:

$$P_j = P_{j-1} - \frac{S_{j(j-1)}}{\sum S_{dn}} P_i - P_e \quad \text{siendo:}$$

P_i presión de vapor del aire interior

P_e presión de vapor del aire exterior

$P_1, P_2, P_3 \dots P_j$ presión de vapor en cada capa j

$S_{d1}, S_{d2} \dots S_{dj}$ espesor de aire equivalente frente a la difusión de vapor de agua

El espesor de aire equivalente frente a la difusión de vapor se calcula según:

$$S_{dj} = e_j \cdot \mu_j \quad \text{donde:}$$

e_j es el espesor de la capa j

μ_j es el factor de resistencia a la difusión de vapor de agua de la capa j

Finalmente, se debe comprobar que la presión de vapor es inferior a la presión de vapor de saturación:

$$P_j < P_{j,SAT}$$

Como resumen y con el fin de sistematizar y unificar el proceso de cálculo es de carácter obligatorio, en el caso de optar la opción simplificada, incluir en la memoria del proyecto las fichas justificativas de la opción simplificada.

La primera ficha resume los resultados de los parámetros característicos medios del edificio (transmitancias y factores solares):

ZONA CLIMÁTICA <input type="text"/>		Zona de baja carga interna <input type="checkbox"/>		Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>	
MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
	Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
N					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
E					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
O					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
S					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SE					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SO					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
C-TER					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SUELOS (U_{Sm})					
	Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm}, F_{Lm})					
	Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
	Tipos	A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>
					$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>

HUECOS (U_{Hm} , F_{Hm})								
Tipos		A (m^2)	U ($W/m^2 \cdot K$)	A · U (W/K)	Resultados			
N					$\Sigma A =$ <input type="text"/>			
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>			
					$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>			
Tipos		A (m^2)	U	F	A · U	A · F (m^2)	Resultados	Tipos
E							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
O							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
S							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
SE							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
SO							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	

Tabla 3.7. Ficha 1: parámetros característicos

La segunda ficha compara los parámetros obtenidos y recogidos en la ficha 1 con los valores límite establecidos en el Documento Básico, que habrá que rellenar según la zona climática, según la consideración de carga interna y según el tipo de cerramiento.

FICHA 2 CONFORMIDAD- Demanda energética			
ZONA CLIMÁTICA <input style="width: 50px;" type="text"/>	Zona de baja carga interna <input type="checkbox"/> Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>		
Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		$U_{\max(\text{proyecto})}^{(1)}$	$U_{\max}^{(2)}$
Muros de fachada	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
Suelos	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
Cubiertas	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
Vidrios de huecos y lucernarios	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
Marcos de huecos y lucernarios	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
Medianerías	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
Particiones interiores (edificios de viviendas) ⁽³⁾		<input style="width: 50px;" type="text"/>	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/> 1,2 W/m ² K
MUROS DE FACHADA		HUECOS Y LUCERNARIOS	
$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mim}^{(5)}$	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Him}^{(5)}$
N	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
E	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
O	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
S	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
SE	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
SO	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
	<input style="width: 50px;" type="text"/>	}	\leq <input style="width: 50px;" type="text"/>
	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
CERR. CONTACTO TERRENO		SUELOS	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Mim}^{(5)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Sim}^{(5)}$
<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
CUBIERTAS		LUCERNARIOS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Cim}^{(5)}$	F_{Lm}	F_{Lim}
<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
<p>(1) $U_{\max(\text{proyecto})}$ corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.</p> <p>(2) U_{\max} corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.</p> <p>(3) En edificios de viviendas, $U_{\max(\text{proyecto})}$ de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefaccionadas.</p> <p>(4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.</p> <p>(5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.</p>			

Tabla 3.8. Ficha 2: conformidad demanda energética

La tercera y última ficha recoge los datos de las condensaciones superficiales (factores de temperatura de la superficie interior) e intersticiales (presiones de vapor).

FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS										
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							

Tabla 3.9. Ficha 3: conformidad condensaciones

3.2.7 OPCIÓN GENERAL

Como ya se indicó en el Capítulo 1, la evaluación de la limitación de la demanda energética del edificio, en este caso, se realiza considerando el edificio en dos situaciones:

- Como edificio objeto: el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría, construcción y operación.
- Como edificio de referencia: como ya se mencionó al comentar el real decreto 47/2007, este edificio debe contar con unos materiales constructivos que garanticen el cumplimiento de la exigencia básica HE1.

Para poder aplicar esta opción general, es necesario disponer de los planos con la definición geométrica del edificio, así como su definición constructiva. Todos los datos se introducen en una aplicación informática. La versión oficial de este programa se denomina **Limitación de la Demanda Energética** (LIDER), y es el que va a ser utilizado en este proyecto. Este

software es de libre uso y los informes asociados están considerados como Documentos Reconocidos del CTE.

En definitiva, el programa realiza de forma automática todos los cálculos vistos en la opción simplificada, si previamente se introduce la geometría constructiva del edificio.

Para la definición geométrica, es necesario especificar los siguientes datos:

- Situación, forma, dimensiones, orientación e inclinación de todos los cerramientos de espacios habitables y no habitables.
- Longitud de los puentes térmicos.
- Situación, forma y dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) de cada cerramiento.
- Forma y dimensiones de los obstáculos de fachada (retranqueos, voladizos, toldos,...) de cada hueco.
- Coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco para persianas y cortinas exteriores.
- Situación forma y dimensiones de los obstáculos remotos.

Para la definición constructiva es necesario precisar los siguientes datos:

- Parte opaca de los cerramientos (se deben definir todas las propiedades necesarias de las capas del muro).
- Puentes térmicos (transmitancia lineal).
- Huecos y lucernarios (transmitancia del acristalamiento y del marco, factor solar, absortividad, permeabilidad, etc.)

Además, se deben dividir los espacios según tres criterios: que sean habitables o no habitables, que sean de baja o alta carga interna y en función de su clase hidrométrica.

Una vez introducidos todos los datos necesarios, se podrá obtener el cálculo de la demanda del edificio objeto en relación al edificio de referencia.

3.3 HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Según esta exigencia básica, los edificios deben disponer de instalaciones térmicas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos.

Esta exigencia no se desarrolla propiamente en este documento de ahorro de energía HE. Su descripción detallada se encuentra en el vigente reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

3.4 HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

En esta exigencia básica se presentan las características con las que deben contar las instalaciones de iluminación para ser instalaciones energéticamente eficientes y de fácil manejo para los usuarios. Se definen además, de forma muy general, los sistemas de control y de regulación.

3.4.1 VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), es el parámetro fundamental que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación en una zona de actividad diferenciada del edificio. Este valor se calcula a través de la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \left[\frac{W}{m^2 \cdot 100\text{lux}} \right]$$

P [W] la potencia total instalada en lámparas más equipos auxiliares

S [m²] la superficie iluminada

E_m [lux] la iluminancia media horizontal mantenida

En la práctica se debe establecer un VEEI para cada uno de los espacios iluminados que forman parte del edificio. Para esto es necesario indicar la potencia por unidad de área para un nivel de iluminancia determinado referenciado a 100lux (nivel lumínico que se desea conseguir). Así, resulta más útil la expresión:

$$VEEI = \frac{P_{ilum} \cdot 100}{E_m} \left[\frac{W}{m^2 \cdot 100\text{lux}} \right]$$

P_{ilum} [W / m²] la potencia total instalada por unidad de área en lámparas más equipos auxiliares

Valores elevados del VEEI indican que se requiere mucha potencia por unidad de área para alcanzar el nivel lumínico propuesto, por consiguiente, **cuanto menor sea el VEEI, más eficiente será la instalación de iluminación.**

Desde el punto de vista de la iluminación, las zonas del edificio se dividen en dos grandes grupos que presentan diferentes valores límite del VEEI.

- Grupo 1: son las zonas de no representación, en las que el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética son los criterios fundamentales.
- Grupo 2: son las zonas de representación, en las que el diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario son los criterios preponderantes.

En la tabla siguiente se muestran los VEEI límite en los recintos interiores de un edificio, que incluyen la iluminación general y la iluminación de acento. Obsérvese que los recintos se agrupan en zonas de actividades diferenciadas, es decir, espacios con un determinado uso que deben presentar condiciones similares de iluminación.

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5	
2 zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte ⁽⁶⁾	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁹⁾	8
	hostelería y restauración ⁽⁸⁾	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁷⁾	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes ⁽¹⁾	10
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12	
recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10	

Tabla 3.10. Valores límite de eficiencia energética de la instalación

Algunas observaciones a tener en cuenta se presentan junto con esta tabla de valores límite:

⁽¹⁾ Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.

⁽²⁾ Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.

⁽³⁾ Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.

⁽⁴⁾ Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escaner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.

⁽⁵⁾ Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas.

Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1

⁽⁶⁾ Espacios destinados al tránsito de viajeros como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.

⁽⁷⁾ Incluye la instalación de iluminación general y de acento. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.

⁽⁸⁾ Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como recibidor, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.

⁽⁹⁾ Incluye la instalación de iluminación general y de acento de recibidor, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

Se observa que en las zonas de no representación, los valores límite del VEEI permitidos son más bajos que en las zonas de representación. Por tanto, en las zonas asignadas al grupo 1 el consumo eléctrico debe ser menor, puesto que se considera que en este tipo de zonas la iluminación es solo un medio para poder desarrollar las actividades en el edificio. En cambio, en las zonas del grupo 2 la iluminación tiene importancia por sí misma.

3.4.2 OTROS PARÁMETROS RELEVANTES

◆ Índice del local (K): se trata de un parámetro geométrico adimensional y de su valor depende del número mínimo de puntos a considerar en el cálculo de la iluminancia media. Se define mediante la expresión:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$$

L [m]: longitud del local

A [m]: anchura del local

H [m]: distancia del plano de trabajo a las luminarias

El número de puntos mínimo que se debe considerar para el cálculo de la iluminancia media E es:

$$\left\{ \begin{array}{ll} 4 & \text{si } K < 1 \\ 9 & \text{si } 1 \leq K < 2 \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{ll} 16 & \text{si } 2 \leq K < 3 \\ 25 & \text{si } K \geq 3 \end{array} \right\}$$

◆ Luminancia (L): energía luminosa emitida o reflejada en dirección al ojo del observador, medida en cd/m^2 . Luminancias inferiores a $1 \text{ cd}/\text{m}^2$ no son apreciables por el ojo humano y las luminancias superiores a $500 \text{ cd}/\text{m}^2$ provocan efectos deslumbrantes.

◆ Flujo luminoso (ϕ): potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se mide en lúmenes.

◆ Iluminancia (e): relación entre el flujo luminoso y el área de un elemento que contiene al punto iluminado. La escala recomendada va desde los 20 hasta los 5000 lux.

$$e = \frac{\phi}{A} \left[\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2} \right] = \text{lux}$$

◆ Iluminancia media horizontal (E): iluminancia promedio sobre el área horizontal.

◆ Iluminancia media horizontal mantenida (E_m): valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media del área especificada. En áreas ocupadas de modo continuo no debe ser inferior a 200 lux.

◆ Eficacia luminosa o rendimiento luminoso (η): es la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida por la fuente.

$$\eta = \frac{\phi}{W} \left[\frac{\text{lumen}}{W} \right]$$

Índice de deslumbramiento unificado (UGR): es el índice de deslumbramiento molesto, procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior definida en la Comisión Internacional de Alumbrado nº 117. Su cálculo se realiza mediante la expresión:

$$UGR = 8 \cdot \log_{10} \left(\frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \omega}{\rho^2} \right)$$

L_b [cd/m^2]: luminancia de fondo

L [cd/m^2]: luminancia en la dirección del ojo del observador

ω [estereoradianes]: ángulo sólido de cada luminaria en el ojo del observador

ρ índice de posición de Guth

- ◆ Índice de rendimiento de color (Ra): medida del efecto de un iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina, por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia. Su valor máximo es 100.

- ◆ Factor de mantenimiento (F_m): es el cociente de la luminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de una instalación de alumbrado y la luminancia media obtenida bajo la misma condición para la instalación considerada como nueva.

3.4.3 SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL

Las instalaciones de iluminación deben disponer, para cada zona, de un sistema de regulación y control que debe cumplir obligatoriamente las siguientes indicaciones:

1.- Cada zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual que debe situarse fuera de los cuadros eléctricos. Las zonas de uso esporádico (aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc.) deben incluir sistemas de temporización o sistemas de detección de presencia (infrarrojos, ultrasonidos o microondas).

2.- Se deben instalar sistemas de aprovechamiento de luz natural en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a tres metros de la ventana y en las situadas bajo un lucernario en cada uno de los casos siguientes:

- ◆ Zonas con cerramientos acristalados al exterior

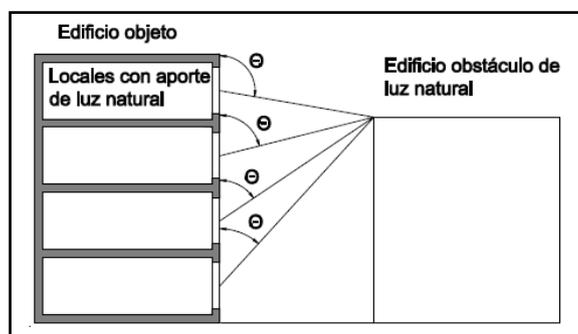


Figura 3.3. Edificio con cerramientos acristalados al exterior

La instalación del sistema de aprovechamiento de luz natural es obligatoria si se cumplen simultáneamente:

– $\theta > 65^\circ$ siendo θ el ángulo que forman el punto medio del acristalamiento y la cota máxima del edificio obstáculo.

– $T(A_w / A) > 0.07$ siendo T el coeficiente de transmisión del vidrio, A_w el área de acristalamiento del vidrio en m^2 y A el área de todas las superficies interiores del local incluyendo suelo, techo, paredes y ventanas en m^2 .

- Zonas con cerramientos acristalados a patios no cubiertos

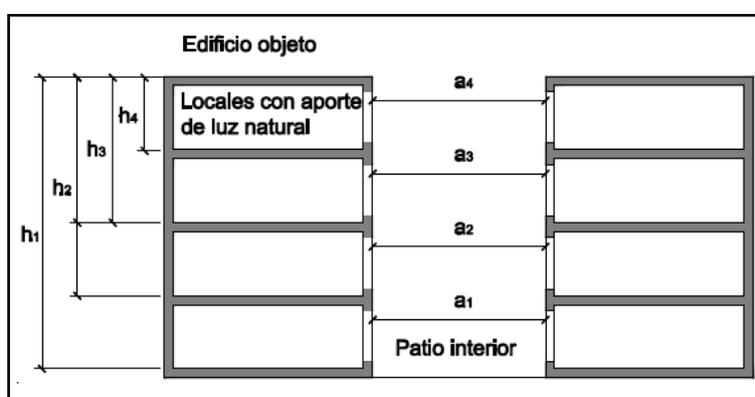


Figura 3.4. Edificio con cerramientos acristalados a patio

En este caso, la instalación del sistema de aprovechamiento de luz natural es obligatoria si se cumplen simultáneamente:

– $a_i > 2 \cdot h_i$ siendo a_i la anchura del patio en cada planta, h_i la distancia entre el suelo de la planta de estudio y la cubierta.

– $T(A_w / A) > 0.07$.

- Zonas con cerramientos acristalados a patios cubiertos por acristalamientos

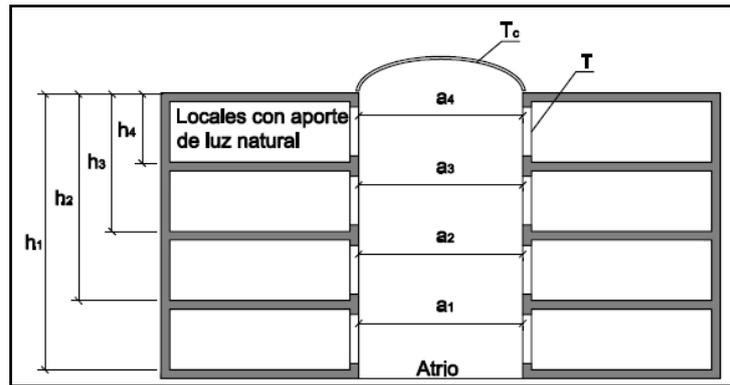


Figura 3.5. Edificio con cerramientos acristalados a atrio

En este caso, la instalación del sistema de aprovechamiento de luz natural es obligatoria si se cumplen simultáneamente:

- $a_i > \frac{2}{T_c} \cdot h_i$ donde T_c es el coeficiente de transmisión del vidrio del cerramiento superior.
- $T(A_w / A) > 0.07$.

Los sistemas de aprovechamiento de luz natural se basan en regular de forma automática el flujo luminoso (lúmenes) de una instalación en función del flujo luminoso que aporte la luz natural.

La regulación de estos sistemas puede ser todo/nada (la iluminación se enciende/ apaga por debajo/encima de un cierto umbral prefijado) o puede tratarse de una regulación progresiva (la iluminación se va ajustando poco a poco en función de la luz natural hasta lograr el nivel prefijado).

Debe tenerse siempre presente que los objetivos fundamentales de la implantación de un sistema de aprovechamiento de luz natural son el ahorro de energía, la economía de costes y el confort del usuario.

En esta sección HE-3 se opta por recomendar un sistema de regulación de iluminación artificial en función de la luz natural, pero no se debe olvidar que existen otros sistemas de regulación. Un ejemplo es un sistema de regulación complejo basado en un sistema de gestión centralizada o un sistema mucho más sencillo basado en potenciómetros o mandos a distancia que regula directamente el usuario.

3.4.4 EQUIPOS

Aunque esta sección DB HE-3 se limita a ofrecer algunos datos de potencias máximas para equipos auxiliares, se considera relevante realizar una descripción de los equipos más importantes que forman el conjunto de la instalación de iluminación y que determinan en gran medida su eficiencia.

Luminaria

Una luminaria es un aparato que distribuye, filtra y transforma la luz emitida desde una o más lámparas. Engloba todos los componentes necesarios para fijar y proteger las lámparas así como los elementos auxiliares del circuito de alimentación.

Lámpara

Fuente que produce una radiación óptica, generalmente visible. Según el modo de emitir luz pueden ser: lámparas incandescentes, lámparas de descarga y dispositivos de estado sólido (LED, diodos luminiscentes).

Las lámparas incandescentes pueden ser de varios tipos:

- estándar o convencionales
- halógenas (de baja tensión o de conexión a red)

Las lámparas incandescentes estándar de filamento de wolframio son las que menor eficacia ofrecen, alrededor de un 20 lm/W, lo que significa que sólo un 20% de la potencia que consumen se convierte en luz, el resto se pierde en calor.

Las lámparas incandescentes halógenas contienen normalmente bromuro de metileno que produce el "ciclo de halógeno" y mejora algo el rendimiento. No obstante, su característica fundamental es su excelente reproducción cromática (Ra =100) y su luz brillante.

Las lámparas de descarga pueden ser:

- lámparas de mercurio a baja presión (tubos fluorescentes)
- lámparas de mercurio a alta presión
- lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

- lámparas de sodio a alta presión
- lámparas de sodio a alta presión (sodio blanco)

Las lámparas de mercurio a baja presión emiten principalmente radiación ultravioleta que se transforma en visible gracias al polvo fluorescente que recubre la cara interior del tubo. Este tipo de lámparas presentan eficacias elevadas de entre 60 y 100 lm/W y su duración es mucho mayor que la de las lámparas incandescentes. Pueden ser tubulares estándar o compactas.

Las lámparas de mercurio de alta presión emiten mayor radiación visible, no superan rendimientos de 60lm/W y su reproducción cromática no es muy buena ($R_a < 60$). Tienen la ventaja de no necesitar arrancador.

Las lámparas de mercurio con halogenuros metálicos constituyen una mejora de las lámparas de mercurio de alta presión. Mediante la adición al gas de mercurio de distintos componentes (halogenuros de tierras raras) se consiguen eficacias muy elevadas (90-100lm/W) y una excelente reproducción cromática ($R_a > 90$). El problema es que, debido a la alta temperatura que alcanza el tubo, en caso de corte requieren de al menos 10 minutos para poder reencender.

Las lámparas de sodio de alta presión son las que poseen mayor eficacia luminosa, pero su índice de reproducción cromática resulta muy bajo para aplicaciones de alumbrado interior. Una variante son las lámparas de sodio blanco que presentan mejor índice de color aunque a costa de rebajar su rendimiento.

Balasto

Es el elemento fundamental del equipo eléctrico auxiliar. Se trata de un dispositivo conectado entre la alimentación y una lámpara de descarga cuyo objetivo principal es estabilizar la corriente de la lámpara. Puede incluir un transformador, un elemento corrector del factor de potencia (condensador) y un dispositivo de arranque (arrancador/cebador).

Los balastos electrónicos regulables pueden ser analógicos (regulan la intensidad de la lámpara mediante una señal de control 1-10V asociando 1V=min % potencia y 10V= 100 % de potencia) o digitales (regulan la intensidad de la lámpara mediante señales de control digitales). Las mayores

prestaciones de respuesta y capacidad de regulación de los balastos digitales se traducen en un mayor coste, por lo que están más extendidos los balastos de tipo analógico.

Condensador

Se emplea en los balastos electromagnéticos para corregir el factor de potencia. No es necesario en los balastos de tipo electrónico.

Arrancador/cebador

Es el dispositivo encargado de iniciar la descarga del gas de la lámpara de descarga.

Transformador

Equipo que corrige la tensión de alterna de la red de alimentación según los requerimientos de la lámpara. Lo más habitual son valores de entrada de 12 o 24V de continua.

Sistema de regulación de fase ("dimmer")

Es un sistema electrónico capaz de modular la potencia entregada a la carga. Se apoya en una señal de control (tensión continua 1-10V o señal digital) para cortar la onda sinusoidal de corriente alterna en un punto variable.

Las luminarias, lámparas y equipos auxiliares empleadas en las instalaciones de iluminación deben cumplir los requisitos de eficiencia marcados por la normativa específica. En lo que respecta a las lámparas, en esta exigencia HE-3 se limita la potencia del conjunto lámpara más equipo auxiliar estableciéndose unos valores máximos que se muestran a continuación:

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)		
	Vapor de mercurio	Vapor de sodio alta presión	Vapor halogenuros metálicos
50	60	62	--
70	--	84	84
80	92	--	--
100	--	116	116
125	139	--	--
150	--	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277(3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

NOTA: Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.

Tabla 3.11. Potencia máxima conjunto (Lámparas de descarga)

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

Tabla 3.12. Potencia máxima conjunto (Lámparas halógenas de baja tensión)

En particular, las lámparas fluorescentes deben cumplir con el Real Decreto 838/2002 en el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de las lámparas fluorescentes. En este RD se establecen 6 categorías de balastos.

Categoría	Descripción
1	Balasto para lámpara tubular.
2	Balasto para lámpara compacta de 2 tubos.
3	Balasto para lámpara compacta plana de 4 tubos.
4	Balasto para lámpara compacta de 4 tubos.
5	Balasto para lámpara compacta de 6 tubos.
6	Balasto para lámpara compacta de tipo 2 D.

Tabla 3.13. Categorías de balastos de lámparas fluorescentes

Dentro de cada categoría, según la potencia nominal de la lámpara y su frecuencia se establece un valor de potencia máxima de entrada.

Según ordena el RD, "sólo podrán comercializarse en el mercado español balastos cuya potencia eléctrica demandada sea inferior o igual a la potencia máxima de entrada".

A continuación se muestran, como ejemplo, los valores definidos para los balastos de categoría 1:

Categoría de balasto	Potencia de lámpara		Potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara
	50 Hz	HF	
1	15 W	13,5 W	23 W
	18 W	16 W	26 W
	30 W	24 W	38 W
	36 W	32 W	43 W
	38 W	32 W	45 W
	58 W	50 W	67 W
	70 W	60 W	80 W

Tabla 3.14. Potencia máxima de los circuitos de entrada para balastos de categoría 1

3.4.5 RESULTADOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para cada zona se deben especificar como mínimo:

- Valor de la eficiencia energética de la instalación VEEI.
- Iluminancia media horizontal mantenida E_m en el plano de trabajo.
- Índice de deslumbramiento unificado UGR para el observador.

Además se deben incluir los valores del índice de color Ra y las potencias de los conjuntos.

3.5 HE 4 CONTIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

En esta exigencia básica se establece la mínima parte de la demanda de Agua caliente sanitaria (ACS) y/o climatización de piscina cubierta que debe cubrirse mediante el empleo de un sistema de energía solar de baja temperatura. Esta contribución mínima será menor o mayor en función de la ubicación y la demanda de ACS del edificio.

3.5.1 ZONAS CLIMÁTICAS

Se establecen 5 zonas climáticas según la radiación solar global media diaria:

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

Tabla 3.15. Zonas climáticas según radiación solar global

$$1KW \cdot h = 1000 \cdot 3600 J = 3.6MJ$$

No se deben confundir estas zonas climáticas con las que se definieron en el apartado 3.2.1, pues el criterio de división para la limitación de la demanda es la severidad climática, no la radiación solar global.

En España, la distribución es bastante irregular aunque existen amplias zonas con un mismo aporte solar.

En la siguiente figura se muestra este reparto:

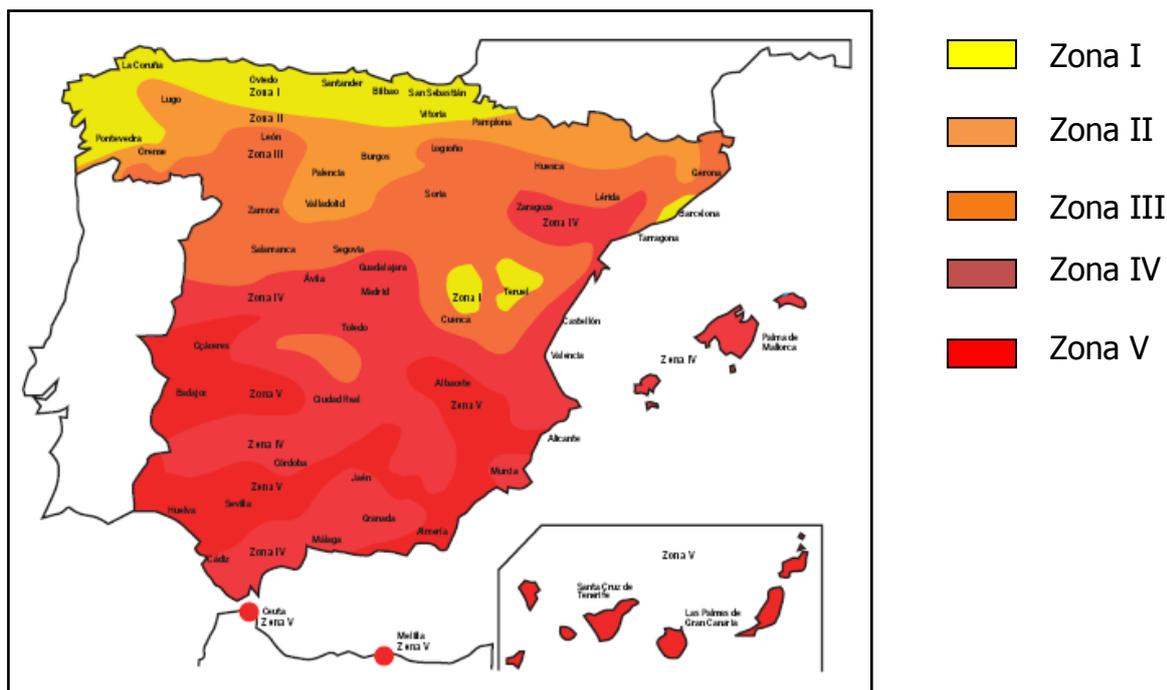


Figura 3.6. Zonas climáticas en España

Además de la información gráfica, se pueden consultar tablas más detalladas en este mismo documento.

3.5.2 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

La contribución solar anual representa la fracción de la demanda anual que se debe aportar mediante energía solar:

$$\text{Contribución solar(\%)} = \frac{\text{demanda ACS anual aportada con energía solar}}{\text{demanda ACS energética anual}} \cdot 100$$

Para cada zona climática y según la demanda de ACS del edificio, se establecen unos valores mínimos de contribución solar comprendidos entre un 30% y un 70%. Se distinguen 2 casos:

- Caso general: el sistema de apoyo energético se basa en combustibles fósiles como gasóleo, gas natural, propano, etc.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 3.16. Contribución solar mínima en %. Caso general

- Caso efecto Joule: el sistema de apoyo energético se basa en la electricidad mediante efecto Joule.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Tabla 3.17. Contribución solar mínima en %. Caso efecto Joule

Como se puede ver en las tablas, en general la contribución solar mínima obligatoria según esta exigencia básica HE-4 es superior en el caso en que la instalación emplee como apoyo la energía eléctrica. Esta condición resulta razonable puesto que son más eficientes los sistemas que queman directamente combustibles fósiles. Para verlo se debe pensar en la energía de la materia prima (Poder calorífico inferior del combustible, PCI) que se aprovecha en cada caso:

En el caso en que el sistema de apoyo se base en combustibles fósiles, el rendimiento asociado será el rendimiento de combustión, que puede estar alrededor del 80% si bien depende en gran medida del tipo y el tamaño de la caldera, por tanto:

$$\eta_{comb} = \frac{Q}{m_{comb} \cdot PCI} \rightarrow Q = \eta_{comb} \cdot m_{comb} \cdot PCI \approx 0.80 \cdot m_{comb} \cdot PCI$$

En el caso en que el sistema de apoyo sea eléctrico por efecto Joule, el rendimiento asociado será el de la central de producción eléctrica, que en

España se encuentra alrededor del 35% (valor medio del conjunto de centrales térmicas, nucleares, ciclo combinado, etc.) por tanto:

$$\bar{\eta}_{central} = \frac{Q}{m_{comb} \cdot PCI} \rightarrow Q = \bar{\eta}_{central} \cdot m_{comb} \cdot PCI \approx 0.35 \cdot m_{comb} \cdot PCI$$

Se entiende entonces que la condición sea más restrictiva sobre este tipo de sistemas ya que aprovechan peor la energía primaria y en definitiva son menos eficientes.

3.5.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA

Las demandas diarias medias unitarias de ACS tomando como temperatura de consumo 45°C se muestran en la tabla siguiente:

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 3.18. Demanda unitaria media diaria con demanda de referencia a 60°C y temperatura de 45°C

A continuación se va a explicar qué significa que la demanda de referencia es a una temperatura de 60°C.

La potencia térmica necesaria para calentar el agua será:

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T - T_{af}) = \rho \cdot D \cdot C_p \cdot (T - T_{af}) \text{ siendo:}$$

Q [KW] potencia o demanda térmica

m [Kg/s] gasto másico del agua

Cp [KJ/Kg°C] calor específico del agua

ρ [Kg/m³] densidad del agua

D [m^3/s] caudal de agua o demanda

T [$^{\circ}\text{C}$] temperatura de consumo

T_{af} [$^{\circ}\text{C}$] temperatura del agua fría de la red

Si se supone una temperatura máxima de consumo de referencia (temperatura del acumulador) T_{ref} se tiene la expresión:

$$Q(T_{ref}) = \rho \cdot D(T_{ref}) \cdot C_p \cdot (T_{ref} - T_{af})$$

Si se supone una temperatura máxima de consumo genérica T se tiene la expresión: $Q(T) = \rho \cdot D(T) \cdot C_p \cdot (T - T_{af})$

Si se quiere cubrir una misma demanda térmica Q a las temperaturas T_{ref} y T habrá que imponer $Q(T_{ref}) = Q(T)$ con lo que:

$$D(T_{ref}) \cdot (T_{ref} - T_{af}) = D(T) \cdot (T - T_{af}) \rightarrow \boxed{D(T) = D(T_{ref}) \cdot \left(\frac{T_{ref} - T_{af}}{T - T_{af}} \right)}$$

Según se indica en el HE-4, los datos de la tabla 3.18 han sido calculados a partir de los datos de la tabla 1 de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética" en la que se toma como temperatura de referencia 60°C , de forma que resulta:

$$D_i(T) = D_i(60^{\circ}\text{C}) \cdot \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad i \text{ representa el mes}$$

Además se ha tomado como temperatura de red 12°C para todos los meses del año: $D_i(45^{\circ}\text{C}) = D_i(60^{\circ}\text{C}) \cdot \left(\frac{60 - 12}{45 - 12} \right) = 1.45 \cdot D_i(60^{\circ}\text{C})$

La demanda anual se obtiene por acumulación de las demandas mensuales:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T)$$

3.5.4 SISTEMAS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Los sistemas que componen la instalación térmica de ACS son:

- Sistema de captación
- Sistema de acumulación
- Circuito hidráulico
- Sistema de intercambio
- Sistema auxiliar de energía

En la figura que se muestra a continuación se pueden identificar los principales componentes de una instalación solar sencilla. El sistema de control se verá posteriormente y no se ha representado en este esquema.

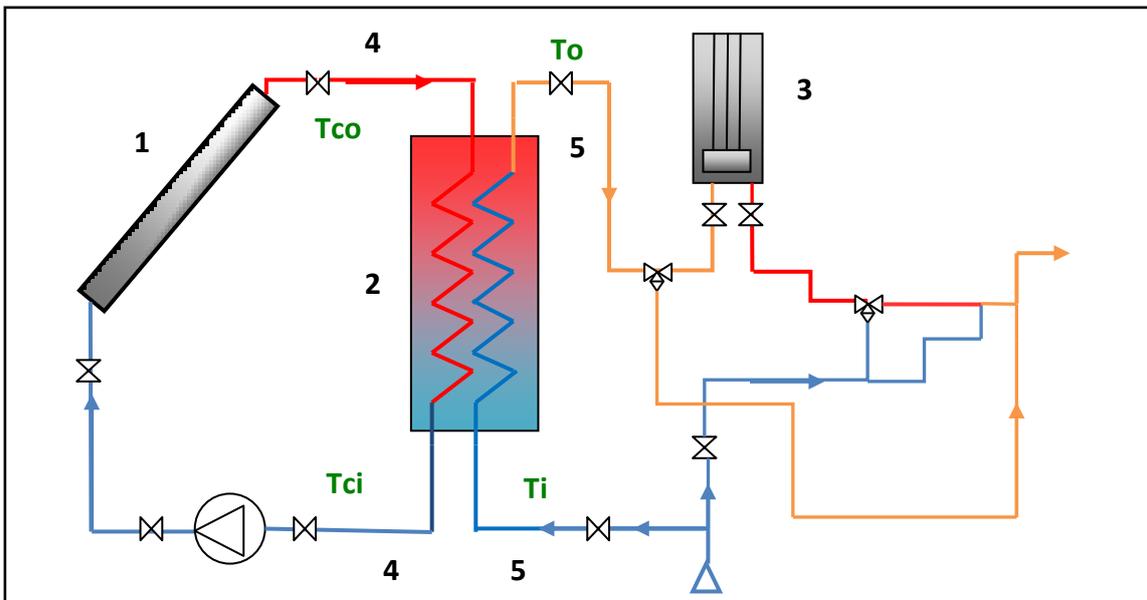


Figura 3.7. Componentes de un sistema solar básico con intercambiador incorporado al acumulador

1. Sistema de captación (campo de colectores solares)
2. Sistema de acumulación/intercambiador (depósito de almacenamiento)
3. Sistema de apoyo (caldera de combustión o termo eléctrico)
4. Circuito primario
5. Circuito secundario

Sistema de captación

El captador seleccionado debe cumplir las condiciones de homologación que se estipulan en el RD 891/1980.

En instalaciones dedicadas exclusivamente a la producción de ACS, se recomienda que el coeficiente global de pérdidas de los convertidores (colectores) no supere los 10W/m².

Este coeficiente se puede obtener a partir de la curva de rendimiento del colector que proporciona el fabricante, curva que se conoce también como curva de normalización del colector y que establece el rendimiento del colector en función de la diferencia entre la temperatura de entrada al colector t_{eco} y la temperatura ambiente t_a .

El rendimiento de colector es la relación entre el calor útil que es capaz de absorber y la radiación global (directa más difusa) que llega.

$$\eta_{col} = \frac{Q_u}{I_{gl}} = F_R \cdot \tau\alpha - F_R \cdot U_{col} \left(\frac{t_{ecol} - t_a}{I_{gl}} \right) \quad \text{siendo:}$$

Q_u [W/m²] calor útil que se transfiere al fluido por unidad de área

I_{gl} [W/m²] radiación global

F_R eficiencia del convertidor: relación entre el calor transferido al fluido y el máximo calor que se podría transmitir si la temperatura de la placa fuese igual que la del fluido

U_{col} [W/m²°C] coeficiente global de transferencia de calor del colector

t_{ecol} [°C] temperatura de entrada al colector

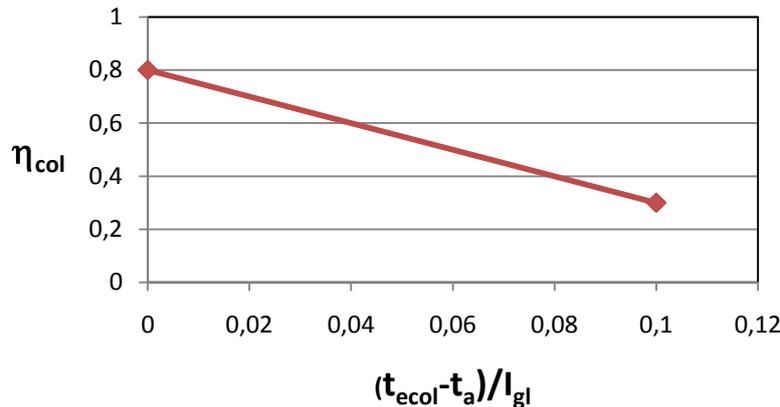
t_a [°C] temperatura ambiente

τ transmitancia de la cubierta transparente

α absortancia del captador

Si se representa el rendimiento (eje de ordenadas) frente a la diferencia de temperaturas entre la radiación (eje de abscisas), se obtiene una recta de ordenada en el origen $F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)$ y pendiente negativa $F_R \cdot U_{col}$.

Como ejemplo se muestra en la siguiente gráfica la recta de normalización del un colector de Yazaki de parámetros $\tau = 0.11$ y $\alpha = 0.93$.



Gráfica 3.1. Recta de normalización

Como se observa, el rendimiento del colector aumenta al disminuir la diferencia $T_{eacol} - T_a$, alcanzando el rendimiento máximo (teórico) para $T_{eacol} = T_a$.

Si se conocen los valores de la transmitancia y de la absortancia se puede determinar F_R y con la pendiente se obtiene U_{col} , valor que no debe superar los $10W/m^2$.

En lo que respecta al conexionado, en el caso de aplicación exclusiva de ACS, se podrán conectar en serie como máximo:

$$\left. \begin{array}{ll} 10m^2 & \text{zonas I y II} \\ 8m^2 & \text{zona III} \\ 6m^2 & \text{zonas IV y V} \end{array} \right\}$$

Sistema de acumulación solar

El diseño de este sistema debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación (siempre existe un desajuste temporal entre producción y demanda). Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores debe cumplir la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \rightarrow 50 \cdot A < V < 180 \cdot A$$

donde:

$V [l]$ es el volumen del depósito de acumulación

$A [m^2]$ es el área total de la superficie de los captadores

De forma preferente, el sistema de acumulación se compondrá de un solo depósito, situado en posición vertical y ubicado en zonas interiores. Además el depósito siempre debe estar completamente aislado para minimizar las pérdidas debidas a transferencia de calor hacia el exterior.

En la placa del acumulador debe figurar siempre la pérdida de carga.

Aunque en esta exigencia HE-4 no se menciona, es relevante explicar la importancia del fenómeno de estratificación. Este fenómeno consiste en la formación de distintos niveles o estratos con diferente temperatura en el interior del tanque, que son debidos a las diferencias de densidad. De esta forma, la parte superior del tanque está siempre más caliente que la inferior. Lo que interesa de este fenómeno es conseguir retornar agua a los colectores lo más fría posible para aumentar así el rendimiento de los mismos (gráfica 3.1).

Para potenciar este efecto de estratificación, conviene que los depósitos sean cilíndricos y guarden una relación altura/anchura > 2 .

Sistema de intercambio

En el caso de que el intercambiador sea independiente, la potencia mínima del intercambiador debe ser tal que:

$$P \geq 500A \quad \text{donde:}$$

$P [W]$ es la potencia mínima del intercambiador

(obtenida suponiendo $I = 1000W/m^2$ y $\eta_{\text{conversión solar-térmica}} = 50\%$)

$A [m^2]$ es el área total de la superficie de los captadores

En el caso de que el intercambiador esté incorporado en al acumulador se

debe verificar: $\frac{S_{\text{útil intercambio}}}{S_{\text{total captación}}} \geq 0.15$

La eficiencia del intercambiador se mide según la temperatura de salida que alcanza el fluido frío en el intercambiador. Si el intercambiador tuviera un área infinita se alcanzaría la temperatura T_{co} en la salida (véase figura 3.7), así:

$$\varepsilon = \frac{(mC_p)_h \cdot (T_{co} - T_{ci})}{(mC_p)_{\max, c} \cdot (T_{co} - T_i)} \quad \text{si ambos fluidos son iguales} \rightarrow \varepsilon = \frac{T_{co} - T_{ci}}{T_{co} - T_i}$$

T_{co} [°C] es la temperatura de salida del colector

T_{ci} [°C] es la temperatura de entrada al colector

T_i [°C] es la temperatura de entrada del fluido frío

En general, se deben emplear de forma preferente los intercambiadores de placas puesto que son más eficientes que los de tubo-carcasa.

Circuito hidráulico

En ausencia de datos más precisos aportados por el fabricante, el caudal del fluido caloportador estará entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m² de paneles.

La longitud de las tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y se deben evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Para evitar posibles estancamientos, no se instalarán tramos totalmente horizontales.

Sistema de energía auxiliar o de apoyo

El sistema se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Este sistema debe situarse siempre en el circuito secundario y debe contar con un termostato de control sobre la temperatura de preparación.

Por último se van a especificar las características más importantes del sistema de control

Sistema de control

El sistema de control es el que debe asegurar el correcto funcionamiento de la instalación. Engloba el sistema de seguridad contra sobrecalentamientos y el sistema de seguridad contra heladas. El control para el funcionamiento de las bombas debe ser siempre de tipo diferencial, estableciéndose como consigna $\Delta T_{on} = T_{co} - T_i = 7^\circ\text{C}$ para el arranque y $\Delta T_{off} = T_{co} - T_i = 2^\circ\text{C}$ para el corte. Mediante un sensor de temperatura diferencial, se determina la diferencia entre la temperatura de salida del campo de colectores y la temperatura del fondo del tanque $T_{co} - T_i$. En operación normal $\Delta T_{on} > \Delta T_{off}$; cuando el tanque

alcanza una temperatura $T_i = T_{co} - 2^\circ C$ se paran las bombas y el tanque comienza a enfriarse hasta que $T_i = T_{co} - 7^\circ C$, momento en el que se arrancan de nuevo las bombas. En la figura se representa un esquema básico de las conexiones de control para actuar sobre la bomba principal.

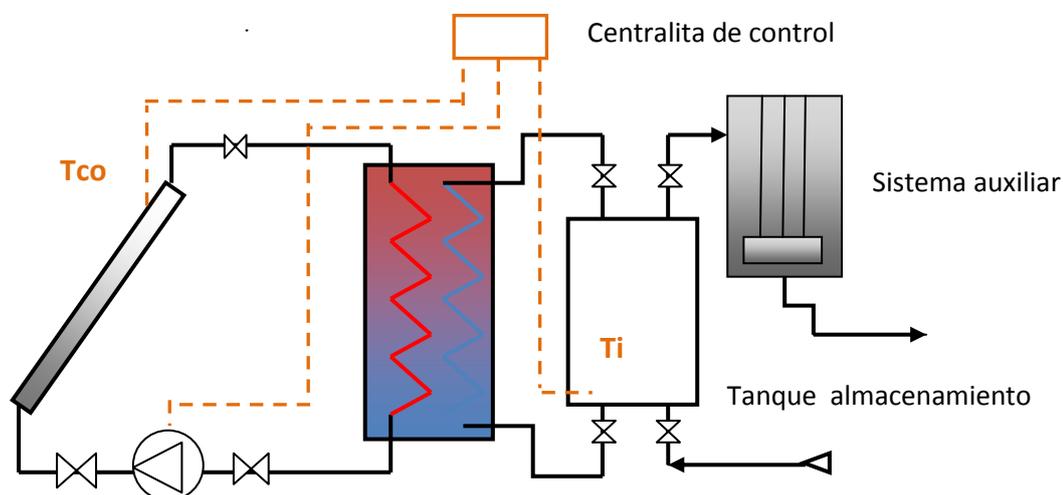


Figura 3.8. Sistema de control

3.5.5 EXIGENCIAS GENERALES

A continuación se describen los requisitos más importantes que deben cumplir las instalaciones solares térmicas:

- La energía producida por la instalación no podrá superar, en ningún mes del año, el 110% de la demanda energética ni el 100% de la demanda durante tres meses seguidos. En el caso en el que no cumplir con alguna de estas exigencias, se deberán adoptar medidas especiales como el tapado parcial del campo de captadores, el vaciado parcial del campo de captadores, el desvío de los excedentes energéticos, etc.
- La orientación, inclinación y las posibles sombras del sistema generador estarán limitadas, de forma que las pérdidas sean inferiores a las marcadas en la tabla XVII.

En función de la disposición y la funcionalidad de los módulos se distinguen tres casos:

1.- Caso general.

2.- Integración arquitectónica de los captadores. En este caso, los captadores cumplen una doble función: energética y arquitectónica y sustituyen a elementos constructivos convencionales o son los propios constituyentes de la composición arquitectónica.

3.- Superposición de los captadores. Los captadores se colocan paralelos a la envolvente del edificio no aceptándose la disposición horizontal.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 3.19. Pérdidas límite

En los 3 casos se deben cumplir las 3 condiciones. No es suficiente cumplir con las pérdidas totales.

Los detalles del cálculo de estas pérdidas, que dependen de los ángulos de inclinación β y de acimut α , no se van a indicar aquí.

- La orientación óptima será el Sur y la inclinación óptima se establecerá dependiendo del periodo de utilización, así:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- Demanda preferente en invierno: latitud geográfica + 10.
- Demanda preferente en verano: latitud geográfica – 10.

A continuación se va a explicar el porqué de estos valores.

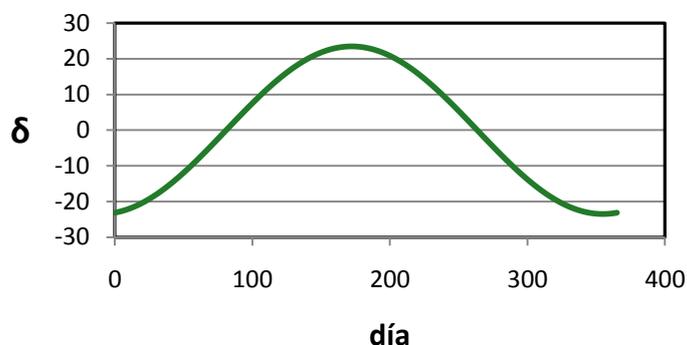
Se puede demostrar que la inclinación β óptima del colector es:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \beta_{opt} = \phi - \delta & \text{si } \delta > 0^\circ \\ \beta_{opt} = \phi + \delta & \text{si } \delta < 0^\circ \end{array} \right\}$$

ϕ es la latitud geográfica

δ es la declinación (ángulo que forma el eje polar de la tierra con la perpendicular al plano de la órbita terrestre)

La declinación varía de forma senoidal con el día del año, según la expresión aproximada $\delta = 23.45 \text{sen}\left(360 \cdot \frac{(284 + n)}{365}\right)$:



Gráfica 3.2. Declinación

La declinación alcanza un valor máximo de 23.45° en el solsticio de verano (21/22 Junio) y un mínimo de -23.45° en el solsticio de invierno (21/22 Diciembre). La declinación es nula en los equinoccios de primavera (20/21 Marzo) y de otoño (22/23 Septiembre).

De esta forma el valor medio anual se puede aproximar a 0° , por lo que si la instalación se proyecta para un uso más o menos constante a lo largo de todo el año, se tendrá $\beta_{opt} = \phi$.

Como se observa en la gráfica, en el periodo de invierno la declinación tiene valores negativos comprendidos entre -23.45° y 0° por lo que el valor medio de δ se puede aproximar por -10° , resultando $\beta_{opt} = \phi + 10^\circ$. Durante el periodo de verano ocurre que $0^\circ < \delta < 23.45^\circ$ con lo que el valor medio se aproxima por 10° , resultando $\beta_{opt} = \phi - 10^\circ$.

3.6 HE 5 CONTIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En esta exigencia básica se establece la potencia de pico mínima que se debe instalar en el edificio, procedente de una instalación solar de producción fotovoltaica.

3.6.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

En este caso se establecen unos límites de superficie construida, según el uso del inmueble:

Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m ² construidos
Administrativos	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

Tabla 3.20. Ámbito de aplicación

De esta forma, solo será obligatoria la instalación de la contribución fotovoltaica para los edificios que superen los límites de superficie construida. El caso de los hospitales/hoteles se trata de forma diferente estableciéndose límites en función del número de camas/plazas.

3.6.2 ZONAS CLIMÁTICAS

Las zonas climáticas son las mismas que se establecen en el HE-4 en función de la radiación solar incidente.

3.6.3 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR

La potencia de pico se obtiene con la fórmula:

$$P = C \cdot A \cdot S + B$$

P [KW_p] es la potencia pico a instalar

A y B son coeficientes definidos en función del uso del edificio

C es un coeficiente definido en función de la zona climática

S [m²] es la superficie del edificio

Los valores de los coeficientes que se deben emplear para el cálculo de la potencia de pico se muestran en las siguientes tablas:

Tipo de uso	A	B
Hipermercado	0,001875	-3,13
Multitienda y centros de ocio	0,004688	-7,81
Nave de almacenamiento	0,001406	-7,81
Administrativo	0,001223	1,36
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81
Hospitales y clínicas privadas	0,000740	3,29
Pabellones de recintos feriales	0,001406	-7,81

Tabla 3.21. Coeficientes de uso

Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

Tabla 3.22. Coeficiente climático

Si la potencia resultante del cálculo es menor de 6.25KW_p se debe tomar este valor como potencia a instalar considerando un inversor con una potencia mínima de 5KW_p.

En el caso en que la instalación se diseñe para cubrir varios edificios dentro de un mismo recinto, la superficie S a considerar será:

- Edificios destinados al mismo uso

$$S = \sum_j S_j \text{ [m}^2\text{]} \text{ donde } S_j \text{ es la superficie del edificio } j$$

- Edificios con distintos usos (o un único edificio con varios usos)

$$S = \sum_k S_k \text{ [m}^2\text{]} \text{ donde } S_k \text{ es la superficie de la zona } k$$

$$P_k = C \cdot A \cdot S_k + B \quad \text{potencia de pico de la zona } k$$

$$P = \sum_k P_k \quad \text{potencia de pico de la instalación}$$

3.6.4 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN CON CONEXIÓN A RED

Los principales componentes de una instalación con conexión a red son:

- Generador fotovoltaico
- Inversor
- Protecciones y elementos de seguridad

En la figura que se muestra a continuación se identifican los principales componentes de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red.

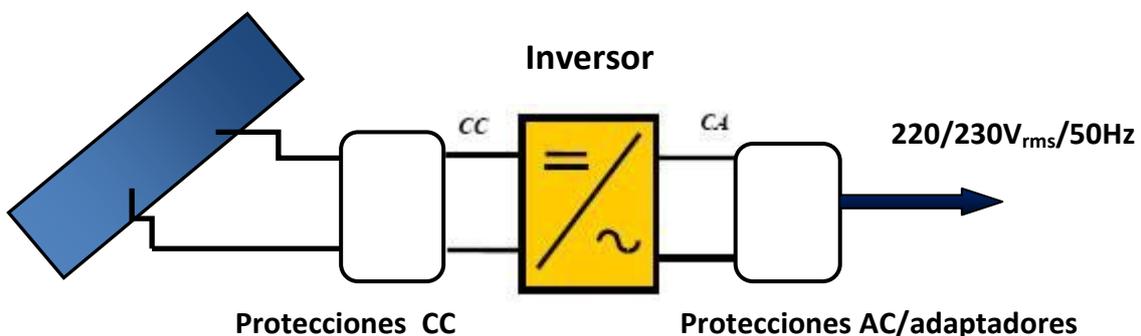


Figura 3.9. Esquema instalación fotovoltaica con conexión a Red

Generador fotovoltaico

Es una asociación en paralelo de varias ramas fotovoltaicas. Cada rama está compuesta por varios módulos o paneles en agrupaciones serie o serie/paralelo. A su vez, cada módulo consta de muchas células.

La potencia máxima que puede entregar el generador (potencia pico) es la que puede entregar el módulo en condiciones estándar de medida (CEM). Estas condiciones se emplean para caracterizar las células, módulos y generadores fotovoltaicos y son:

- Irradiancia 1000W/m²(un Sol)
- Distribución espectral AM 1.5G
- Incidencia normal
- Temperatura de la célula 25°C

Los módulos deben ser de clase II y tendrán un grado de protección mínimo IP65 (estancos al polvo, con protección total contra contactos y salpicaduras de agua).

La curva que modela el comportamiento eléctrico de una célula fotovoltaica es la curva característica I-V:

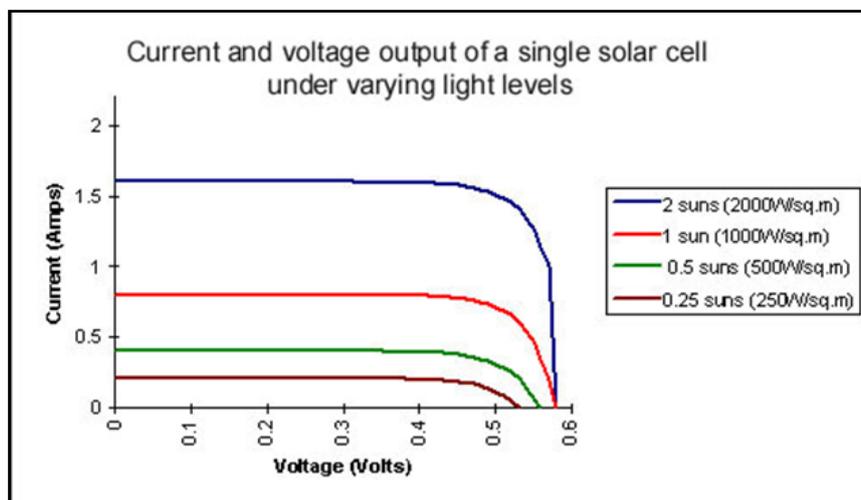


Figura 3.10. Curva característica I-V célula fotovoltaica

Como se aprecia en la figura, por encima de un determinado voltaje la intensidad que proporciona la célula cae drásticamente. Dado que la potencia que entrega la célula es $P=I \cdot V$, se deberá operar siempre dentro del rango en el que la intensidad mantiene un valor elevado, evitando la zona de caída que se da para voltajes superiores a 0.5V.

Un módulo puede albergar unas 30 células lográndose una tensión máxima de salida de unos $15V_p$ y una potencia de entre 30 y $250W_p$.

Inversor

Es un convertidor de corriente continua en corriente alterna. Su potencia debe ser como mínimo el 80% de la potencia pico del generador.

Los parámetros característicos más importantes de los inversores son:

- Potencia nominal: potencia que el inversor es capaz de entregar de forma continua.
- Capacidad de sobrecarga: capacidad del inversor para entregar mayor potencia que la nominal durante ciertos intervalos de tiempo.

- Factor de potencia: cociente entre la potencia activa y la potencia aparente a la salida del inversor.
- Distorsión armónica total THD: parámetro utilizado para indicar el contenido armónico de la onda de tensión de salida, su definición es:

$$THD(\%) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} V_n^2}}{V_1}$$

donde V_1 es el armónico fundamental y V_n es el armónico n -ésimo.

En general, el consumo del inversor en vacío debe ser menor que el 2% de la potencia nominal de salida.

Protecciones y elementos de seguridad

En la parte de corriente continua de la instalación se empleará protección de clase II (doble aislamiento o aislamiento reforzado). Para los materiales situados a la intemperie el grado de protección mínimo será IP65 que engloba la protección contra el polvo, protección completa frente a contactos y protección contra salpicaduras de agua desde cualquier dirección.

El inversor se debe poder desconectar y seccionar tanto en el lado de CC como en el de AC.

INSTALACIONES AISLADAS DE LA RED

Aunque no se menciona en este HE-5, se van a describir brevemente los componentes adicionales que requieren este tipo de instalaciones.

Además de los ya mencionados en el caso de instalaciones conectadas a la red (generador, inversor y protecciones), son necesarios los siguientes elementos:

Acumulador

Asociación eléctrica de baterías (fuentes de tensión continua de tipo electroquímico). El parámetro fundamental es la capacidad nominal (C_{20} [Ah]) que es la cantidad de carga que se puede extraer en 20 horas, medida a una temperatura de 20°C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a

1.8V/vaso. El estado del acumulador se mide mediante la profundidad de descarga PD y la capacidad útil C_u :

$$PD(\%) = \frac{\text{carga extraída}}{C_{20}} \cdot 100 \quad C_u (A \cdot h) = C_{20} \cdot PD_{\max}$$

Regulador de carga

Dispositivo encargado de proteger la batería frente a sobrecargas y sobredescargas.

Los dos parámetros fundamentales que caracterizan el regulador son:

- Voltaje de desconexión de las cargas de consumo: voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas.
- Voltaje final de carga: voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador y la batería, o se reduce gradualmente la corriente entregada por el generador.

3.6.5 EXIGENCIAS GENERALES

A continuación se describen los requisitos más importantes que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas:

- La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras estarán limitadas de forma que las pérdidas sean inferiores a las marcadas (véase la tabla 3.19).
- Para instalaciones conectadas a red, se aplicarán las condiciones técnicas del RD 1663/2000.

CAPÍTULO 4:
DESARROLLO DE LA LIMITACIÓN
DE DEMANDA ENERGÉTICA
LIDER

ÍNDICE

4.1	INTRODUCCIÓN	78
4.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	79
4.3	GESTOR DE BASE DE DATOS	80
4.3.1	CREACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	81
4.3.2	MATERIALES	82
4.3.3	CERRAMIENTOS	83
4.3.4	VIDRIOS	85
4.3.5	MARCOS	85
4.3.6	HUECOS	86
4.4	OPCIONES Y VALORES POR DEFECTO	88
4.4.1	ESPACIO DE TRABAJO	88
4.4.2	CONSTRUCCIÓN	89
4.5	DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO	91
4.5.1	CONSIDERACIONES GENERALES	91
4.5.2	CREACIÓN DE LAS PLANTAS	92
4.5.3	CREACIÓN DE LOS ESPACIOS	93
4.5.4	CREACIÓN DE LAS PARTICIONES HORIZONTALES	94
4.5.5	CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS	94
4.5.6	VENTANAS Y PUERTAS (HUECOS)	94
4.5.7	CREACIÓN DE ELEMENTOS SINGULARES	95
4.5.8	EDICIÓN DE ELEMENTOS YA CREADOS	95
4.6	VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EDIFICIO	103
4.7	RESULTADOS	105

4.1 INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en el capítulo 3 (véase apartado 3.2.7), la aplicación LIDER es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia básica de Limitación de demanda energética HE-1, recogida en el documento básico de ahorro de energía HE del código técnico de la edificación.

Mediante esta herramienta informática se realizan la descripción geométrica, constructiva y operacional del edificio.

Con la aplicación LIDER que se va a emplear se pueden definir edificios de cualquier tamaño, pero existen algunas limitaciones que se exponen a continuación:

- El número de espacios del edificio debe ser menor de 100.
- El número de elementos del edificio debe ser menor de 500.

Además, dado que el edificio se va a exportar al programa CALENER_GT para su calificación, se deben cumplir algunas condiciones adicionales:

- Los polígonos que definen las plantas y espacios no deben tener más de 30 vértices.
- Los cerramientos deben tener un máximo de 9 capas.
- Los valores del peso de los cerramientos presentan unos límites inferior y superior. Los valores máximos de las propiedades de los materiales de construcción son:

conductividad térmica $k = 51.9 [W / mK]$

densidad $\rho = 8009 [Kg/m^3]$

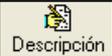
calor específico $C_p = 20.919 [KJ / KgK]$

- si el material se define por su resistencia térmica $R_t = 7 [m^2 K / W]$
- El porcentaje de hueco ocupado por el marco debe ser inferior al 100%
- Los identificadores de los elementos no deben superar los 30 caracteres (que serán exclusivamente letras y números)

Estos requisitos deben respetarse para garantizar la compatibilidad entre LIDER y CALENER_GT.



4.2 FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El primer paso consiste en rellenar el formulario de descripción que contiene los datos generales del proyecto y al que se accede pulsando  Descripción. En dicho formulario se incluyen los siguientes puntos:

- Zonificación climática

En este apartado de debe especificar la localidad en la que se encuentra el edificio, accediendo a ella a través de la zona climática que ya se definió en el capítulo 3 (véase 3.2.1). En este caso se selecciona la localidad de Albacete que se corresponde con la zona D3.

- Orientación del edificio

En este campo se introduce el ángulo que forma el eje Y con la dirección norte siendo positivo en el sentido de las agujas del reloj. En este caso 170° (el eje Y apunta prácticamente en dirección sur)

- Tipo de edificio

En este apartado se introduce el tipo de edificio. Sólo existen tres posibilidades: vivienda unifamiliar, en bloque o edificio terciario. En este caso, se selecciona edificio terciario.

- Clase de los espacios habitables

Este apartado engloba el tipo de uso del edificio y las condiciones de higrometría (véase apartado 3.22 del capítulo 3) y el nivel de ventilación. Las opciones para el tipo de uso son: residencial y otros usos (intensidad alta, media o baja; de 0, 12, 16 o 24 horas de duración). En este caso, se selecciona intensidad alta de 12 horas de duración y clase higrométrica 3 o inferior. Estos valores los emplea el programa como valores por defecto, que podrán modificarse posteriormente para cada espacio en concreto.

En cuanto al nivel de ventilación, en los edificios no destinados a vivienda, se debe introducir el número de renovaciones por hora. En este caso, se introduce 1 renovación por hora.

- Datos del proyecto

Nombre, comunidad, localidad y dirección del proyecto.

- Datos del autor

Nombre, empresa o institución, email y teléfono.

A continuación se presenta el formulario de descripción para El Corte Inglés de Albacete.

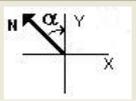
Zonificación climática Zona: <input type="text" value="D3"/> Localidad: <input type="text" value="Albacete"/> Latitud: <input type="text" value="38,95"/> Altitud: <input type="text" value="704,00"/>	Datos del Proyecto Nombre del proyecto: <input type="text" value="EL CORTE INGLÉS ALBACETE"/> Comunidad: <input type="text" value="CASTILLA LA MANCHA"/> Localidad: <input type="text" value="ALBACETE"/> Dirección: <input type="text" value="AVDA. ESPAÑA"/>
Orientación del edificio Ángulo: <input type="text" value="170,00"/> ° 	Datos del Autor Nombre: <input type="text" value="PROMECC"/> Empresa o Institución: <input type="text" value="PROMECC"/> E-mail: <input type="text" value="ingenieria@promec.es"/> Teléfono: <input type="text" value="913735543"/>
Tipo edificio <input type="radio"/> Vivienda unifamiliar <input type="radio"/> Vivienda en bloque <input checked="" type="radio"/> Edificio sector terciario	
Clase por defecto de los espacios habitables Tipo de Uso: <input type="text" value="Intensidad Alta - 12h"/> Condiciones higrometría <input checked="" type="radio"/> Clase 3 o inferior <input type="radio"/> Clase 4 <input type="radio"/> Clase 5	
Número de renovaciones hora requerido <input type="text" value="1,0"/>	

Figura 4.1. Formulario de descripción ECI de Albacete

4.3 GESTOR DE BASE DE DATOS

La aplicación dispone de 3 bases de datos que son la base de datos del programa, la base de datos del usuario y la base de datos del edificio.

En la base de datos del programa se encuentran definidas las propiedades de una gran cantidad de materiales y productos de construcción, que ayudan a la definición de los elementos del edificio. Los datos que provengan de esta base de datos no necesitan ser justificados en la memoria del proyecto.

La base de datos del usuario sirve para almacenar los materiales o productos constructivos que el usuario emplee con frecuencia.

La base de datos fundamental es la base de datos del edificio, que se debe ir generando importando valores de la base de datos del programa (u otras bases de datos reconocidas) o definiendo los valores concretos del edificio de estudio. En este último caso, deberán ser justificados en la memoria del proyecto.

Para acceder al gestor de base de datos se pulsa  , con lo que se visualiza el árbol de la base de datos del edificio. Al desplegar las ramas del árbol se ven los distintos elementos constructivos. A continuación se muestra la jerarquía del árbol de la base de datos del edificio.

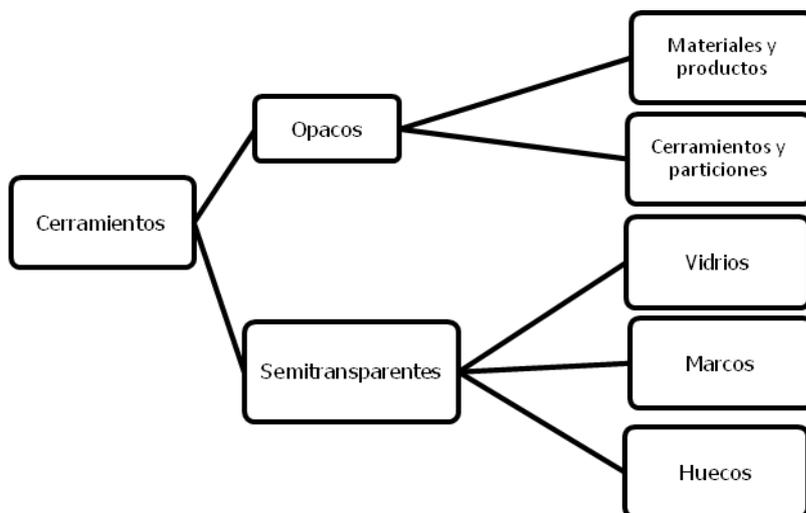


Figura 4.2. Jerarquía de los elementos constructivos

4.3.1 CREACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Para la creación de cualquier elemento constructivo (material, cerramiento, partición, vidrio, marco, hueco o lucernario) se procede de la misma forma. Desde el árbol de la base de datos de edificio, se selecciona la carpeta correspondiente al elemento que se desea crear y se pulsa la opción "crear grupo". Así se crea, en el árbol, una nueva subcarpeta con el nombre del nuevo grupo de elementos. Pinchando, ahora, sobre la nueva subcarpeta, se selecciona la opción "crear elemento".

También se tiene la posibilidad de cargar algunos tipos de elementos de la base de datos del programa mediante la opción "cargar librería". Concretamente se puede hacer uso de esta opción con los materiales, los vidrios y los marcos. En la base de datos del programa se encuentran

clasificados en categorías dichos elementos y se pueden cargar a la base de datos del edificio de uno en uno o agrupados por categorías. En las figuras siguientes se pueden ver algunas de las categorías de la base de datos de LIDER.

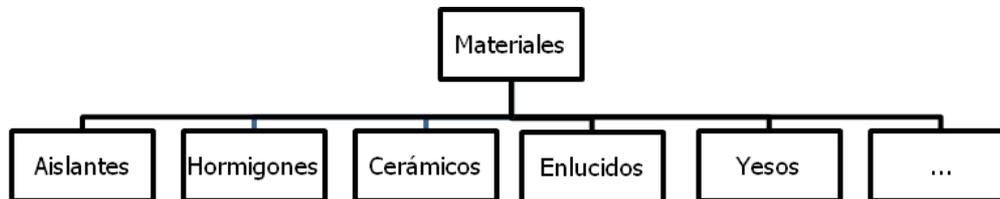


Figura 4.3. Categorías de materiales: base de datos de LIDER



Figura 4.4. Categorías de vidrios: base de datos de LIDER

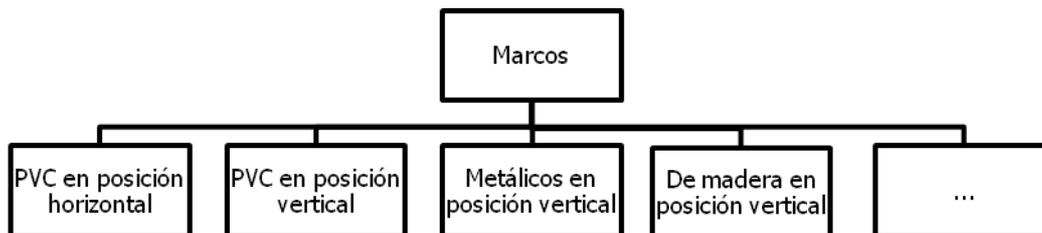


Figura 4.5. Categorías de marcos: base de datos de LIDER

4.3.2 MATERIALES

Tras realizar las acciones descritas en el apartado 4.3.1, se accede al formulario de definición de los parámetros del nuevo material. El conjunto de propiedades se puede especificar de dos maneras:

- Por sus propiedades térmicas: Se debe especificar la conductividad λ en [W/mK], la densidad ρ en [Kg/m³] y el calor específico C_p en [KJ/KgK]. Estos valores no pueden superar los límites que se vieron en el apartado 4.1.
- Por su resistencia térmica: sólo es necesario definir esta propiedad.

Independientemente de la opción que se elija, es necesario definir el valor del factor de resistencia a la difusión de agua μ .

Tanto las propiedades térmicas λ , ρ y C_p como μ pueden encontrarse en las tablas del Catálogo de Elementos Constructivos (CEC) del CTE. Este documento ha sido elaborado por el Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción en colaboración con la Confederación Española de Asociaciones de Fabricantes de Productos de Construcción (CEPCO) y La Asociación de Investigación y Cooperación Industrial (AICIA) con el propósito fundamental de facilitar la labor de recopilación de datos del proyectista.

A continuación se muestra un ejemplo de creación de un material cerámico perteneciente al ECI de Albacete.

Figura 4.6. Formulario de de definición de un material

4.3.3 CERRAMIENTOS

Tras realizar las acciones descritas en el apartado 4.3.1, se accede al formulario de definición de la composición del nuevo cerramiento. Mediante este formulario se van definiendo cada una de las capas de las que se compone el cerramiento, añadiendo cada uno de los materiales que componen dichas capas con su espesor correspondiente. Si el material se ha definido por su resistencia térmica, no es necesario incluir el espesor.

En la parte inferior del formulario puede verse un esquema del cerramiento (véase figura 4.7).

Deben tenerse en cuenta dos consideraciones importantes:

- No se puede crear un cerramiento formado exclusivamente por capas definidas por su resistencia térmica.
- Un cerramiento puede estar formado como máximo por 9 capas.

El orden de introducción es del exterior al interior para los cerramientos exteriores o enterrados. Para los que quedan entre dos espacios (particiones interiores), el orden es desde la capa que da al espacio contiguo hacia la que da al espacio en que se define el cerramiento.

A continuación se presenta un ejemplo de creación de un cerramiento. En este caso se trata de un cerramiento exterior de 7 capas, en concreto se trata de la cubierta del edificio en estudio ECI de Albacete.

Grupo cubierta

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,0500	2,000	1450	1050	
2	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,0400	0,029	30	1000	
3	Subcapa fieltro	0,0050	0,050	120	1300	
4	Betún fieltro o lámina	0,0100	0,230	1100	1000	
5	Subcapa fieltro	0,0050	0,050	120	1300	
6	Hormigón celular curado en autoclave d 1000	0,2000	0,290	1000	1000	
7	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,5000	2,300	2400	1000	
8						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U w/[m²K]

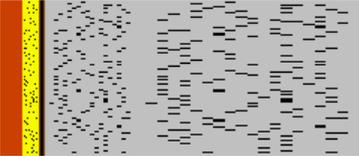


Figura 4.7. Formulario de definición de un cerramiento

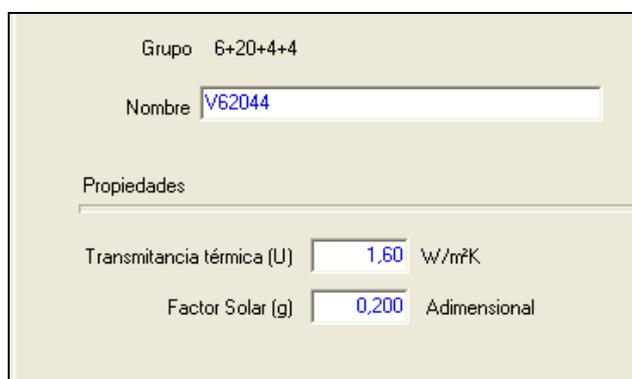
Obsérvese que en la parte inferior derecha del formulario se puede ver el valor de la transmitancia térmica total del muro (0.37 [W/m²K] en este caso).

4.3.4 VIDRIOS

Tras realizar las acciones descritas en el apartado 4.3.1, se accede al formulario de definición de los parámetros del nuevo vidrio. En este caso basta con especificar la transmitancia térmica U [W/m^2K] que incluye los coeficientes de película exterior e interior y el factor solar del vidrio g .

Debe tenerse en cuenta que si se emplea un vidrio de la base de datos del programa, el valor del factor solar (marcado por el usuario) tendrá que ser justificado en la memoria. Pueden encontrarse valores de referencia en el CEC.

A continuación se presenta un ejemplo de creación de un nuevo vidrio. Se trata del V62044, que forma parte de las ventanas de ECI de Albacete.



Grupo	6+20+4+4	
Nombre	V62044	
Propiedades		
Transmitancia térmica (U)	1,60	W/m²K
Factor Solar (g)	0,200	Adimensional

Figura 4.8. Formulario de descripción un vidrio

4.3.5 MARCOS

Tras realizar las acciones descritas en el apartado 4.3.1, se accede al formulario de definición de los parámetros del nuevo marco. En este caso es suficiente con especificar la transmitancia térmica U [W/m^2K] que incluye los coeficientes de película convectivo-radiantes exterior e interior y la absorptividad α . Los valores de la absorptividad del marco están tabulados según el color de la cara exterior del mismo en el HE-1 del CTE (véase apartado 3.2.3 en el capítulo 3)

Si el marco se carga de la base de datos de LIDER sus propiedades vienen definidas a priori y no se pueden modificar.

A continuación se presenta el único marco que se va a emplear en el ECI de Albacete y que ha sido seleccionado de la base de datos de LIDER.

Grupo	Metálicos en posición vertical	
Nombre	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	
Propiedades		
Transmitancia térmica (U)	4,00	W/m²K
Absortividad (α)	0,70	Adimensional

Figura 4.9. Formulario de definición de un marco

4.3.6 HUECOS

Tras realizar las acciones descritas en el apartado 4.3.1, se accede al formulario de definición de los parámetros del nuevo hueco.

Para la definición de un marco, es necesario especificar el vidrio y el marco de los que se va a componer, seleccionándolos mediante los menús desplegables. Además se debe indicar el porcentaje del hueco cubierto por el marco definido según:

$$\% \text{ hueco cubierto por marco} = \frac{\text{área marco}}{\text{área marco} + \text{área vidrio}} \cdot 100 = \frac{\text{área marco}}{\text{área hueco}} \cdot 100$$

Por último se indica el valor de la permeabilidad al aire en $[\text{m}^3/\text{hm}^2]$ para una sobrepresión de 100Pa. En relación con esto recuérdese que este valor presenta unos máximos según la zona climática dados en el HE-1 del CTE (véase apartado 3.2.5 del capítulo 3). Para el caso que nos ocupa (zona D3) el máximo es de 27 $[\text{m}^3/\text{hm}^2]$.

Definición de puertas

Las puertas del edificio han de definirse como huecos. Para evitar ambigüedades se debe marcar la casilla "¿es una puerta?". Al marcar esta casilla se rellena de forma automática la permeabilidad al aire, fijándose en un valor de 60 $[\text{m}^3/\text{hm}^2]$. Esto resulta contradictorio puesto que como se vio en la sección 3.2.5 del capítulo 3, el máximo valor de este parámetro para cumplir con el DB HE-1 es de 50 $[\text{m}^3/\text{hm}^2]$.

Existen 2 opciones.

- Opción 1: Todo el hueco es vidrio; se define un vidrio con las propiedades de la puerta y se le añade un marco cualquiera que ocupa el 0% del hueco.

- Opción 2: Todo el hueco es marco; se define un vidrio cualquiera y un marco con las características de la puerta y que ocupa el 100% del hueco (nótese que esta definición no resulta compatible con CALENER_GT puesto que viola una de las limitaciones que se describieron en el apartado 4.1).

A continuación se presenta un ejemplo de definición de un nuevo hueco. En concreto se trata de uno de los huecos empleados en la definición de las ventanas de ECI de Albacete.

Grupo ventanas

Nombre 62044

Propiedades

Grupo Vidrio 6+20+4+4

Vidrio V62044

Grupo Marco Metálicos en posición vertical

Marco VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12

% cubierto por el marco 10,00 ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire 25,00 m³/hm² a 100 Pa

Figura 4.10. Formulario de definición de un hueco

4.4 OPCIONES Y VALORES POR DEFECTO

Una vez definidos todos los cerramientos que se van a emplear en la definición constructiva del edificio, se puede pasar a los formularios de la sección "opciones" a los que se accede pulsando



4.4.1 ESPACIO DE TRABAJO

El espacio de trabajo es el rectángulo de terreno sobre el que se representa el edificio. Las dimensiones que tiene por defecto son de 60x60 metros y está situado a cota 0.

Esferas de atracción.

El tamaño de las esferas se define mediante el radio de atracción. Dos vértices definidos a distancia inferior al radio de las esferas serán considerados por el programa como el mismo vértice. Además, un vértice situado a una distancia inferior al radio de las esferas de una línea se desplazará a la línea más cercana.

Opciones.

En este apartado se debe seleccionar si se permite que el programa continúe realizando los cálculos aunque haya algunos elementos (cerramientos, vidrios, marcos, etc.) que no cumplan con alguna propiedad (transmitancia, densidad, conductividad, etc.) según las exigencias marcadas por el HE-1 o por el propio programa LIDER.. El programa indica el valor que tiene y el valor que debería tener la propiedad marcada, así como la localización del elemento.

Representación de cubiertas.

La representación de los vértices a nivel del espacio, y/o a nivel de la coronación de los cerramientos, es necesaria para posibilitar la definición de cubiertas inclinadas.

La triangulación automática se emplea para evitar errores en el motor de cálculo sobre los cerramientos singulares no planos.

A continuación se presenta el formulario del espacio de trabajo para el ECI de Albacete.

Dimensiones del espacio de trabajo

Ancho: 60 m.
Alto: 60 m.
Cota: 0 m.

Color: ■

Esferas de atracción

Radio: 0,10 m

Representación de Cubiertas

Mostrar esferas a nivel de Espacio
 Mostrar esferas a nivel de Coronación de Cerramientos
 Triangulación Automática

Opciones

Continuar cálculos aunque no se cumplan los requisitos mínimos.

Figura 4.11. Formulario de opciones de espacio de trabajo

4.4.2 CONSTRUCCIÓN

Cerramientos y particiones interiores

Mediante este formulario se asignan las características constructivas de los elementos que forman parte del edificio. Estos valores son los que el programa otorga de forma automática a los elementos en el momento de su creación, esto es, son los valores que asigna el programa por defecto. Así, conviene seleccionar en cada uno de los apartados la opción que se dé con más frecuencia.

A continuación se presenta este formulario para ECI de Albacete.

<p>Muro: Muros de fachada. Verticales y rectangulares.</p> <p>Composición tipo "Muro" <input type="text" value="MURO MARMOL 4 CM"/></p>	<p>Medianería</p> <p>Composición tipo "medianería" <input type="text" value="MURO MARMOL 4 CM"/></p>
<p>Hueco</p> <p>Composición del "" <input type="text" value="61244"/></p> <p>Altura del <input type="text" value="1,00"/> m</p> <p>Anchura del <input type="text" value="1,00"/> m</p> <p>Posición Y respecto al suelo <input type="text" value="1,00"/> m</p> <p>Retranqueo <input type="text" value="0,00"/> m <input type="button" value="Protección solar"/></p>	<p>Suelo en contacto con el terreno</p> <p>Composición tipo "suelo en contacto con el terreno" <input type="text" value="SUELO"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aislamiento perimetral</p> <p>D <input type="text" value="1,0"/> m</p> <p>Ra <input type="text" value="2,0"/> m²K/W</p>
<p>Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior: Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior.</p> <p>Composición tipo "cerramiento horizontal" <input type="text" value="CUBIERTA"/></p>	<p>Muro en contacto con el terreno</p> <p>Composición tipo "muro en contacto con el terreno" <input type="text" value="MURO 4 ENTERRADO"/></p>
<p>Cerramiento o partición interior geoméricamente singular. Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc.</p> <p>Composición tipo "cerramiento singular" <input type="text" value="Ninguno"/></p>	<p>Partición interior horizontal</p> <p>Composición tipo "partición interior horizontal" <input type="text" value="HORIZONTAL"/></p>
	<p>Partición interior vertical</p> <p>Composición tipo "partición interior vertical" <input type="text" value="VERTICAL"/></p>

Figura 4.12. Formulario de opciones de construcción ECI de Albacete

Como se ve para el caso de suelo en contacto con el terreno se ha añadido un aislamiento perimetral de 1m de ancho y con una resistencia térmica del terreno de 2 [m²K/W].

Puentes térmicos

En este apartado, que a su vez se divide en tres sub-apartados (forjados, cerramientos verticales y cerramientos en contacto con el terreno), se encuentran los valores de los parámetros característicos suministrados por defecto por el programa LIDER. Estos valores provienen del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y varían en función de la zona climática. Dichos valores pueden ser modificados por el usuario si se considera oportuno, teniéndose en cuenta la obligatoria acreditación de los mismos.

Para el caso de estudio de ECI de Albacete no se han llevado a cabo modificaciones de estos valores.

4.5 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO

Una vez que se han creado o cargado todos los elementos constructivos del edificio, se puede comenzar su definición geométrica. Este proceso consiste en “levantar” el edificio mediante la creación de las plantas, espacios, cerramientos verticales, ventanas... sucesivamente desde la planta inferior a la superior.

Para iniciar el proceso se accede al formulario 3D pulsando  .

4.5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para la definición del edificio, conviene tener en cuenta algunas convenciones que se han adaptado en el programa de cálculo.

- El número de vértices máximo, para cualquier polígono, es de 30.
- El origen de coordenadas de la planta estará a la altura de su suelo, en una de las esquinas interiores de ésta.
- El polígono que define la planta se creará con las medidas interiores de la misma.
- La altura de la planta es la distancia entre forjados, de suelo a suelo.
- El origen de coordenadas de un espacio siempre se sitúa en el primer vértice del polígono que lo representa.
- La altura del espacio es igual a la altura de la planta.
- Las medidas del polígono que define un espacio son las medidas interiores del mismo, si el espacio es un espacio que da al exterior o limita con medianeras (véase figura 4.13).
- Las medidas del polígono que define un espacio son las dadas por la mediatriz del cerramiento en el caso de que el espacio limite con otro espacio del edificio (véase figura 4.13).
- La altura de los cerramientos es la altura de la planta que es, a su vez, la altura del espacio.
- Los polígonos no pueden tener huecos en su interior.

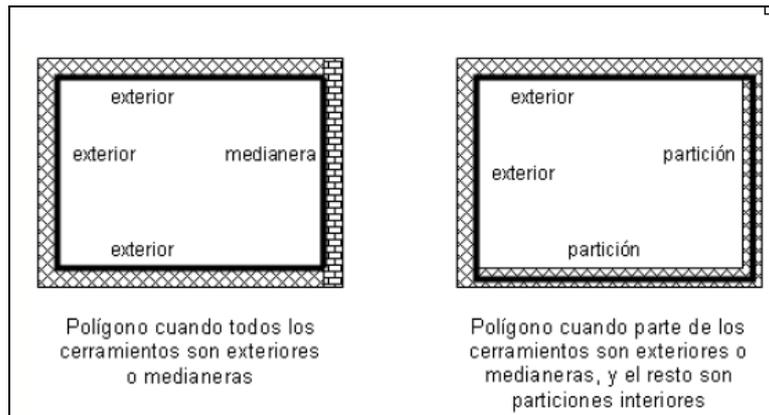


Figura 4.13. Medidas de definición de un espacio

4.5.2 CREACIÓN DE LAS PLANTAS

Antes que nada, es importante destacar que la definición de las plantas no es un paso obligatorio y su único propósito es facilitar la definición geométrica de los espacios.

Para acceder al formulario de las propiedades de la planta, así como para su creación, se pulsa el botón  de la barra de herramientas.

En este formulario se debe indicar el nombre, la planta anterior, la altura de los espacios y la cota. Además, se le puede indicar al programa que genere un espacio que coincida con la totalidad de la planta, lo que será de utilidad para la posterior definición de los espacios.

Si el edificio consta de varias plantas iguales, se pueden seleccionar las casillas "igual a planta" y "aceptar espacios anteriores". Con ambas opciones marcadas, se creará una nueva planta idéntica a la que se haya indicado en el cuadro desplegable "igual a planta".

Alternativamente, si el edificio consta de varias plantas idénticas geométrica, constructiva y operacionalmente, se puede emplear la propiedad "**multiplicador**" para indicar el número de plantas iguales que hay en el edificio. En este caso es muy importante definir los cerramientos de tipo interno como adiabáticos.

En el caso en que sea posible, resulta más conveniente emplear la propiedad "multiplicador" en lugar de marcar "igual a planta" y "aceptar

espacios anteriores”, pues se minimiza mucho el proceso de cálculo de la demanda del edificio.

Una vez completado el formulario, se pasa a definir el polígono de la planta. Para ello, se van marcando los vértices que componen el polígono siempre en sentido contrario a las agujas del reloj y sin repetir el último vértice sobre el primero. Para definir los vértices con precisión mediante sus coordenadas (absolutas o relativas) se emplea la tecla  .

4.5.3 CREACIÓN DE LOS ESPACIOS

La definición de los espacios puede llevarse a cabo de dos formas:

- Creación de los espacios con líneas auxiliares o líneas 2D.

Este método consiste en la definición a partir del polígono que define la planta, dividiéndolo mediante líneas auxiliares que, al cortarse entre ellas y con el contorno de la planta, generan los espacios.

Lógicamente, para poder aplicar este método es recomendable marcar la opción “crear espacio igual a planta” en el formulario de propiedades de la planta. Las líneas auxiliares se definen mediante el botón  de la barra de herramientas.

Una vez definidas todas las líneas auxiliares, se pulsa el botón  y se van marcando los vértices que constituyen un espacio, en sentido contrario a las agujas del reloj, con lo que queda definido el espacio.

- Creación de los espacios por división mediante líneas auxiliares especiales.

Este método consiste en la definición de espacios por subdivisión de una planta o de otros espacios. El primer paso es seleccionar la planta en la que se encuentra el espacio que se desea definir. Seguidamente, se pulsa el botón  para utilizar las líneas de división de espacios. Por último, se marcan los puntos por los que se quiere dividir es espacio original teniendo en cuenta que los puntos inicial y final de la línea de corte deben estar sobre el contorno del espacio.

4.5.4 CREACIÓN DE LAS PARTICIONES HORIZONTALES

Una vez definidos todos los espacios de una planta, se crean los suelos y cubiertas de los mismos. Para comenzar la creación de las nuevas particiones horizontales se pulsa  .

El programa permite generar de forma automática estas particiones horizontales, para ello se selecciona la planta superior y se pulsa la opción "forjados automáticos"  .

Dado que esta opción puede generar algunas particiones que no se corresponden con la verdadera geometría del edificio, resulta conveniente revisar los forjados y redefinir los que sean erróneos. Los forjados interiores se ven de color marrón y los forjados exteriores de color gris en la representación 3D del edificio.

4.5.5 CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

Una vez creados todos los espacios que forman una planta, se crean los cerramientos verticales que delimitan dichos espacios. El programa genera todos los cerramientos exteriores (color gris) de la planta, las particiones interiores (color verde caqui) así como los cerramientos en contacto con el terreno (color rosa claro) de manera automática, pulsando el botón  .

Para los cerramientos verticales, el tipo que se asigna por defecto es el de cerramiento exterior para los muros que se encuentren a cotas mayores o iguales a 0. Los muros que se encuentren semienterrados se dividen en uno del tipo cerramiento en contacto con el terreno, que cubre las cotas negativas y otro del tipo cerramiento exterior, que cubre las cotas positivas.

4.5.6 VENTANAS Y PUERTAS (HUECOS)

La definición de las ventanas y las puertas en los cerramientos generados de forma automática, se realiza con el botón  .

El elemento que se define sobre el área de dibujo es el hueco, que queda representado en color azul claro.

La única limitación es que la superficie de la ventana no puede superar la superficie de muro.

4.5.7 CREACIÓN DE ELEMENTOS SINGULARES

Se incluyen en esta categoría los elementos que se citan a continuación:

- Elementos no rectangulares
- Elementos inclinados
- Elementos de la envuelta del edificio no asociados a ventanas (aleros, voladizos, etc.)

Para crear un elemento singular se pulsa . Un caso típico es el de las cubiertas inclinadas.

Este tipo de elementos tiene necesariamente que pertenecer a una de las plantas del edificio de manera que si para su definición son necesarios vértices que queden fuera de la planta, habrá que ayudarse de líneas auxiliares 3D  (similares a las líneas 2D empleadas en los espacios) para situar todos los vértices necesarios.

No se pueden crear cerramientos interiores geoméricamente singulares.

4.5.8 EDICIÓN DE ELEMENTOS YA CREADOS

Una vez que un elemento (planta, espacio, suelo, cubierta, cerramiento, ventana o puerta) es creado, es posible acceder a un formulario de edición en el que se pueden modificar algunas de sus propiedades así como seleccionar algunas opciones no consideradas durante su creación.

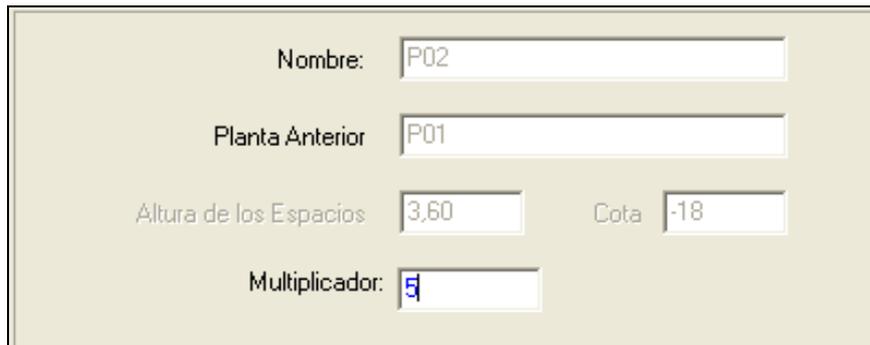
La manera más cómoda de acceder a estos formularios es a través del árbol de elementos del edificio, en el que se puede visualizar toda la estructura del edificio organizada por plantas, espacios, cerramientos, etc. Para ver dicho árbol se pulsa  .

Para ver el formulario, simplemente se posiciona el puntero sobre el elemento que se quiere modificar y se pulsa "editar" en el menú contextual que aparece al presionar el botón derecho del ratón.

En los siguientes puntos se va a describir la estructura de estos formularios para cada uno de los elementos que conforman el inmueble.

- PLANTAS

El formulario de edición de una planta es muy sencillo. El único campo que se puede modificar es el multiplicador de la planta. A continuación se muestra el formulario de la planta 2 de ECI de Albacete. Es la planta que se corresponde con el sótano 5, de ahí que su cota sea negativa. Además, dado que todos los sótanos son idénticos, se ha hecho uso del multiplicador para que el programa multiplique por 5 la demanda de la planta.



Formulario de edición de la planta 02 de ECI de Albacete. El formulario contiene los siguientes campos:

Nombre:	P02		
Planta Anterior	P01		
Altura de los Espacios	3,60	Cota	-18
Multiplicador:	5		

Figura 4.14. Formulario de edición de la planta 02 de ECI de Albacete

- ESPACIOS

El formulario de edición de un espacio consta, a su vez, de dos partes.

La primera parte es la de **propiedades**, que consta de cuatro bloques. En el primer bloque se resumen las propiedades geométricas, así como el tipo de espacio (acondicionado o no habitable) y el tipo de uso (residencial/edificio terciario o nivel de estanqueidad).

Si se marca el espacio como acondicionado, se puede elegir entre un tipo de uso residencial o uso de edificio terciario (en este caso habrá que seleccionar el nivel de intensidad y el número de horas de uso).

Si se trata de un espacio no habitable, el tipo de uso se refiere al nivel de estanqueidad comprendido entre 1 y 5. Este nivel impone un número de renovaciones por hora entre el espacio y el exterior según los valores que se encuentran tabulados en el apéndice E del DB HE-1.

Nivel de estanqueidad		h^{-1}
1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
2	Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
5	Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

Tabla 4.1. Nivel de estanqueidad de espacios no habitables

En el segundo bloque se especifican las condiciones higrométricas interiores (normalmente especificadas mediante la clase higrométrica). Sólo será necesario cambiarlas en el caso de que sean distintas de las indicadas en el formulario de opciones generales.

El tercer bloque se refiere a la redistribución interior de la radiación. Por defecto, se considera que el 60% de la radiación que alcanza el interior va al suelo y el resto se reparte proporcionalmente a las áreas de las paredes. Existen dos alternativas en las que el programa realiza un cálculo más preciso, pero esto irá asociado a mayores tiempos de cálculo.

En el último bloque se indica el número de renovaciones/hora requerido. Este valor es el que se especificó para todo el edificio en el formulario de descripción (véase apartado 4.2).

La segunda parte es el **formulario de Iluminación**. Sólo es posible rellenarlo en el caso de edificios terciarios, en cuyo caso es necesario para poder exportar posteriormente el edificio al programa CALENER y llevar a cabo la calificación del mismo. En este formulario se rellenan tres campos:

- Potencia instalada de iluminación en [W/m^2].
- Valor de eficiencia energética de la instalación del edificio objeto, VEEI en [$W/m^2/100lux$] (véase apartado 3.4.1 del capítulo 3).
- VEEI Límite según CTE-HE3 (Véase 3.4.1 del capítulo 3).

A continuación se presentan los formularios de edición del espacio 1 perteneciente a la planta 07 (que se corresponde con la 1ª planta del edificio) de ECI de Albacete. Se trata de un espacio acondicionado.

Nombre:

Tipo de Espacio:

Tipo de uso:

Nº de pilares:

Multiplicador:

Altura: m Área: m² Volumen: m³

Condiciones higrométricas interiores

Clase de higrometría

Ritmo de producción de humedad interior

Humedad relativa interior constante

Tasa de renovación del aire interior

Clase de higrometría

Clase 3

Clase 4

Clase 5

Redistribución interior de la radiación

Prefijada (60% al suelo, resto proporcional a las áreas)

Aproximada (a partir de correlaciones)

Calculada (método Backward Ray Tracing)

Número de renovaciones hora requerido

Figura 4.15. Formulario de edición de propiedades del espacio 1 de la planta 7 de ECI Albacete

Potencia instalada de iluminación W/m²

Valor de eficiencia energética de la instalación del edificio objeto (VEEI) W/(m²100 lux)

VEEI limite según CTE - HE3 W/(m²100 lux)

Figura 4.16. Formulario de edición de Iluminación del espacio 4 de la planta 2 de ECI Albacete

A continuación se presenta el formulario de propiedades del espacio 4 de la planta 02, que se corresponde con el sótano 5, de ECI de Albacete. Se trata de un espacio no habitable.

Nombre: P02_E004

Tipo de Espacio: No habitable

Tipo de uso: Nivel de estanqueidad 1

Nº de pilares: 0

Multiplicador: 1

Altura: 3,600 m Área: 9334,893 m² Volumen: 33605,613 m³

Condiciones higrométricas interiores

Clase de higrometría

Ritmo de producción de humedad interior
Tasa de renovación del aire interior

Humedad relativa interior constante

Clase de higrometría

Clase 3

Clase 4

Clase 5

Redistribución interior de la radiación

Prefijada (60% al suelo, resto proporcional a las áreas)

Aproximada (a partir de correlaciones)

Calculada (método Backward Ray Tracing)

Número de renovaciones hora requerido: 1,0

Figura 4.17. Formulario de edición de propiedades del espacio 4 de la planta 2 de ECI Albacete

- PARTICIONES HORIZONTALES

El formulario de edición de una partición horizontal es muy sencillo. Se compone sólo de dos campos que indican la composición y el tipo (Estándar o Adiabático). A continuación se muestran los formularios de un forjado interior de ECI de Albacete.

Figura 4.18. Formulario de edición de un forjado interior

- CERRAMIENTOS VERTICALES

En el formulario de edición de cerramientos verticales se puede cambiar la composición del cerramiento o añadir o modificar sus huecos. La geometría de los huecos, creada con los valores por defecto dados en el formulario de opciones de construcción (véase apartado 4.4.2), es la que se puede modificar mediante este formulario. El origen de coordenadas para los valores X e Y está en el punto en el que se muestra la normal exterior del cerramiento.

A continuación se muestra el formulario de edición de un cerramiento exterior de ECI de Albacete.

	Hueco	X (m)	Y (m)	Alto	Ancho	Retranqueo
1	COMPOSITE 55	0,10	0,50	2,50	2,00	0,00
2	COMPOSITE 55	9,50	0,50	2,50	6,00	0,00
3	COMPOSITE 55	18,00	0,50	2,50	1,50	0,00
4	COMPOSITE 55	22,00	0,50	2,50	2,50	0,00

Figura 4.19. Formulario de edición de un muro exterior

A continuación se muestra el formulario de edición de un cerramiento en contacto con el terreno de ECI de Albacete.

Comp. Cerramiento: MURO 4 ENTERRADO

Profundidad: -14,40 m

z = profundidad

Solera Enterrada

z (m)

Figura 4.20. Formulario de edición de muro en contacto con el terreno

A continuación se muestra el formulario de edición de una partición interior de ECI de Albacete.

Comp. Cerramiento: VERTICAL

Tipo: ESTANDAR

Figura 4.21. Formulario de edición de partición interior

- VENTANAS Y PUERTAS (HUECOS)

En el formulario de edición de una ventana consta a su vez de tres subformularios bloques. En el primero de ellos llamado “propiedades del hueco”, se puede cambiar la posición y las dimensiones de una ventana y aplicar coeficientes de corrección por dispositivos de sombra estacional para el factor solar y la transmitancia térmica. Esto último permite afinar el cálculo de la demanda, incluyendo elementos que sólo están presentes durante la temporada estival.

A continuación se presenta el formulario de edición de propiedades del hueco para una ventana de ECI de Albacete.

Nombre:	P08_E005_PE002_V1		
Tipo de Huevo			
Definición de Huevo	61244		
Localización y Geometría		Coeficiente de corrección por dispositivo de sombra estacional	
X:	0,00 m	Invierno	Verano
Y:	0,50 m	Corrector del Factor Solar	1,00 1,00
Altura:	2,50 m	Corrector de Transmitancia Térmica	1,00 1,00
Anchura:	17,90 m		
Retranqueo:	0,00 m		

Figura 4.22. Formulario de edición de propiedades de hueco de una ventana

Las distancias X e Y se miden en metros según indica la figura 4.24 y el retranqueo es la distancia en metros desde el plano de la ventana al plano exterior del cerramiento que la contiene.

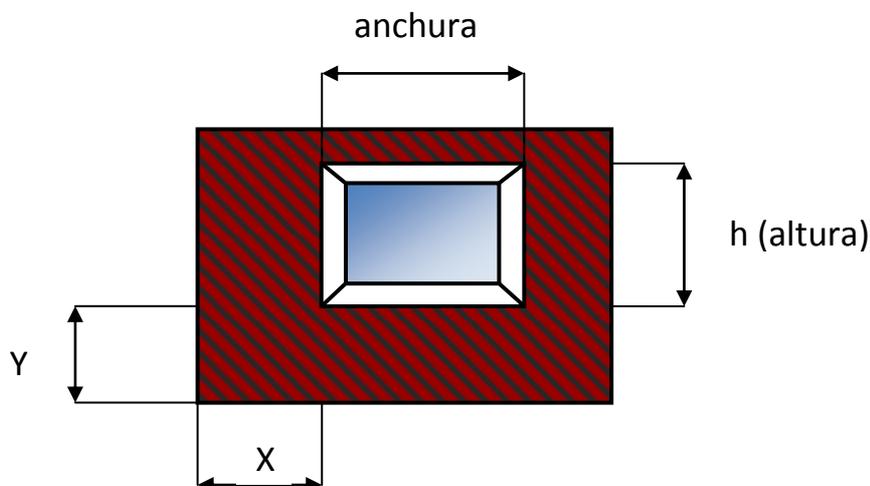


Figura 4.23. Posicionamiento y medidas de huecos de ventana

En un segundo subformulario llamado "salientes laterales y voladizos", se puede modificar la geometría de las protecciones de la ventana. Además, el programa presenta una herramienta de animación para la descripción de las sombras que se producen sobre la ventana. No se va a entrar en detalle de la descripción de esta herramienta.

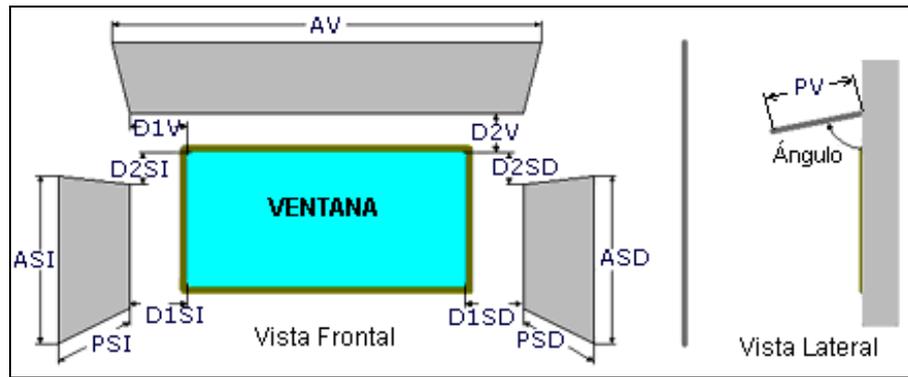


Figura 4.24. Dimensiones de voladizo y salientes laterales

Mediante el tercer subformulario, llamado "dispositivos basados en lamas", se pueden definir las propiedades geométricas (ancho L , distancia entre lamas D y ángulo que forman β) y ópticas (transmisividad y reflectividad) de los dispositivos de lamas que contenga la ventana.

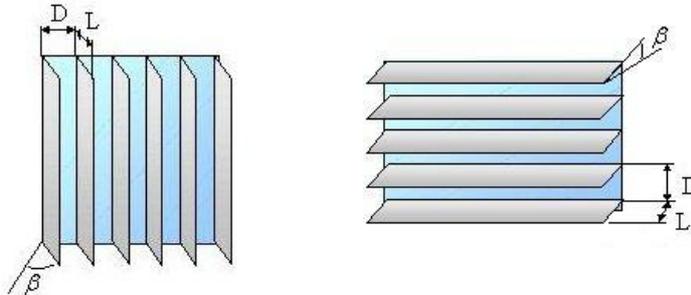


Figura 4.25. Dimensiones de un dispositivo de lamas horizontal y vertical

4.6 VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EDIFICIO

Tras haber completado la definición de cada una de las plantas con sus correspondientes espacios, cerramientos y ventanas, si todo está correcto, se puede visualizar el edificio completo sobre el espacio de trabajo sin salirse del formulario 3D. Para asegurarse de la correcta definición de todos los elementos del edificio, resulta conveniente desglosar el árbol del edificio que se muestra en la parte izquierda. Como ya se ha mencionado, desde el árbol es posible revisar cada uno de los elementos que componen el inmueble. Para visualizar el edificio desde todos los ángulos, ver sus vistas en planta y alzado, así como su vista interna (modo transparente), etc. se hace uso de las herramientas situadas en la parte superior  .

El ECI de Albacete consta de 12 plantas. 5 plantas son sótanos dedicadas principalmente a garajes, situadas en cotas negativas; otras 6 plantas se

dedican a usos comerciales y se encuentran en cotas positivas; y existe una última planta de menor área situada bajo el 5º sótano que se emplea como cuarto de transformadores y que no se ve en las figuras.

La altura de las plantas, espacios y muros es de 3.60 m entre forjados.

A continuación se presentan dos vistas, de la geometría definitiva definida en LIDER, de ECI de Albacete:

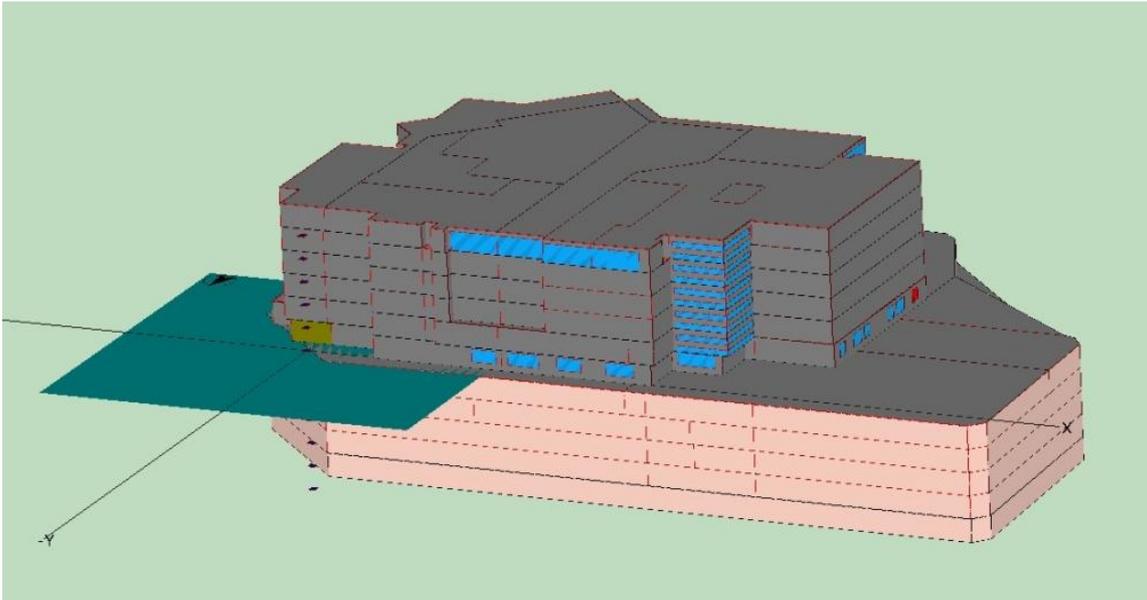


Figura 4.26. Vista tridimensional de ECI Albacete (fachada norte)

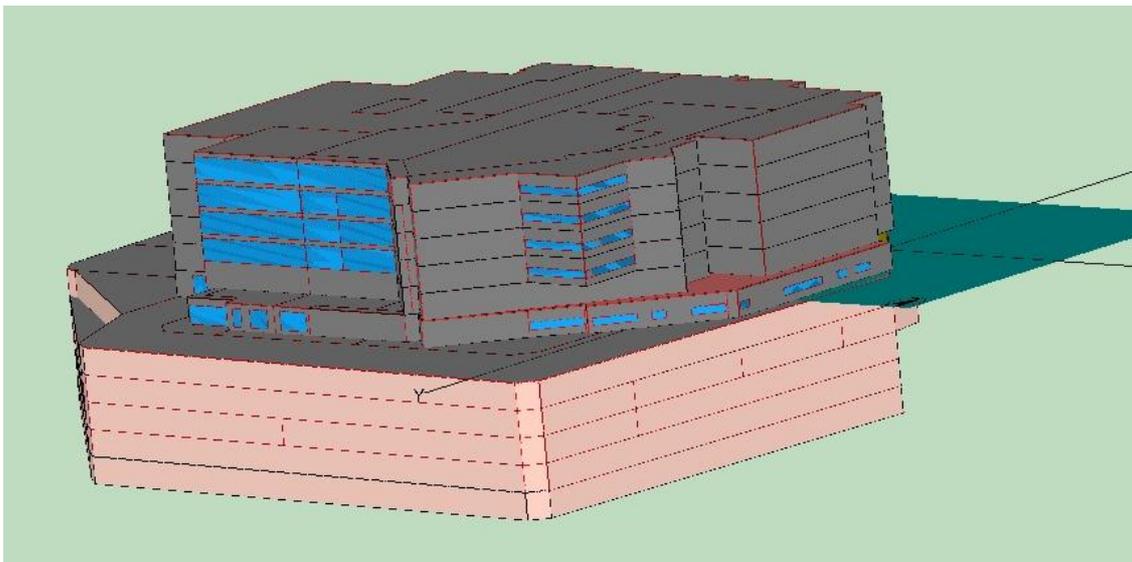


Figura 4.27. Vista tridimensional de ECI Albacete (fachada sur)

4.7 RESULTADOS

El último paso para completar el desarrollo de la Limitación de Demanda Energética del edificio, es obtener los resultados de consumo y el informe de verificación.

En realidad el programa no indica cuál es el consumo del edificio, sino que compara el edificio en estudio (edificio objeto) con el edificio de referencia. Este último lo obtiene el programa a partir del edificio objeto, sustituyendo los cerramientos por otros que cumplen con los requisitos dados en la opción simplificada (véase punto 3.2 del capítulo 3).

En el resultado global se muestra de forma gráfica la demanda anual para calefacción y refrigeración del edificio en relación a la del edificio de referencia.

A continuación se presentan los resultados del proyecto ECI Albacete:

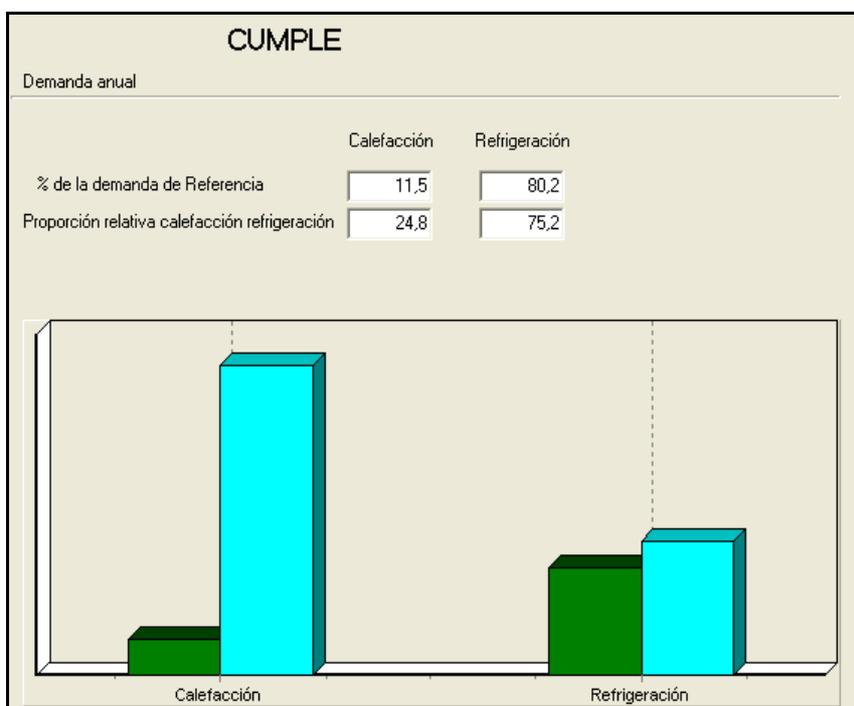


Figura 4.28. Demanda del edificio objeto frente a la del edificio de referencia

La representación es doble: Por un lado, la altura de la barra de demanda del edificio objeto representa la importancia relativa calefacción/refrigeración. Por otro lado, la diferencia de altura con respecto a la barra azul (edificio de referencia) en calefacción y en refrigeración muestra el % de la demanda del edificio de referencia. Si alguna de las barras (calefacción o refrigeración) se

muestra roja significa que la demanda del edificio objeto supera a la del de referencia (barras azules) y por lo tanto el edificio no cumple con la normativa.

Como se aprecia en el resultado, el edificio demanda prácticamente 3 veces más energía en refrigeración que en calefacción. La demanda de calefacción del edificio sólo es un 11,5% de lo que demanda el edificio de referencia. En refrigeración el resultado es más ajustado, pues el edificio demanda un 80.2% respecto a la del edificio de referencia.

El edificio CUMPLE con la normativa establecida tanto en calefacción como en refrigeración.

No es necesario aplicar medidas de mejora sobre los cerramientos puesto que el edificio cumple con todas las especificaciones de transmitancias máximas, transmitancias límite y condensaciones marcadas en el Código Técnico de la Edificación.

Nótese que este resultado evalúa exclusivamente la envuelta térmica del edificio y no tiene en cuenta la eficiencia de los sistemas del edificio.

El informe de la verificación del cumplimiento de la normativa HE-1 del Código técnico de la edificación que se ha obtenido se encuentra en el **anexo 1** al final de la presente memoria.

**CAPÍTULO 5:
DESARROLLO DE LA
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
CALENER_GT**

ÍNDICE

5.1	ESTRUCTURA DE CALENER_GT -----	110
5.1.1	ÁRBOLES DE ELEMENTOS -----	110
5.1.2	PANEL DE REVISIÓN-----	111
5.1.3	CÓDIGO DE COLORES-----	111
5.2	EXPORTACIÓN DEL EDIFICIO A CALENER_GT-----	112
5.3	COMPONENTES Y SISTEMAS DEL EDIFICIO -----	114
5.3.1	DATOS GENERALES-----	114
5.3.2	HORARIOS-----	115
5.3.3	CURVAS DE COMPORTAMIENTO -----	118
5.3.4	SUBSISTEMAS PRIMARIOS -----	118
5.3.5	SUBSISTEMAS SECUNDARIOS -----	123
5.4	FORMULARIO DE EDICIÓN DE LOS ESPACIOS -----	131
5.4.1	FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA -----	131
5.4.2	FORMULARIO DE OCUPACIÓN, EQUIPOS E INFILTRACIÓN -----	132
5.4.3	FORMULARIO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL -----	133
5.5	INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA -----	137
5.5.1	DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y DE REFRIGERACIÓN -----	138
5.5.2	EMISIONES DE CLIMATIZACIÓN -----	138
5.5.3	EMISIONES DE ACS-----	138
5.5.4	EMISIONES DE ILUMINACIÓN -----	139
5.5.5	COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE EMISIONES -----	140
5.5.6	CLASES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA -----	141
5.6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN-----	142
5.6.1	ETIQUETAS-----	142
5.6.2	INFORMES MENSUALES-----	143
5.6.3	INFORMES ANUALES -----	147

5.7	EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS SOBRE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA-----	148
5.7.1	MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS LUMINARIAS---	148
5.7.2	EFFECTO DEL EER DE LAS PLANTAS ENFRIADORAS -----	153
5.7.3	EFFECTO DEL TIPO DE CONTROL DE LOS VENTILADORES-----	155
5.7.4	EFFECTO SIMULTÁNEO DEL EER Y EL VEEI -----	158

5.1 ESTRUCTURA DE CALENER_GT

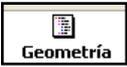
5.1.1 ÁRBOLES DE ELEMENTOS

Al igual que LIDER el programa CALENER_GT agrupa los elementos en estructuras de tipo árbol. De la misma forma que en LIDER se tiene un árbol de base de datos y un árbol del edificio, en CALENER_GT se agrupan todos los elementos del edificio en 4 árboles que se describen a continuación.

- Árbol de Componentes 

En este árbol se agrupan los elementos básicos necesarios para la definición constructiva del edificio así como algunos elementos necesarios para la simulación horaria y energética. Sus elementos son:

- polígonos, materiales conjuntos de capas, composición de cerramientos y acristalamientos.
- Horarios (diarios, mensuales y anuales).
- Curvas de comportamiento.

- Árbol de Geometría 

En este árbol se encuentran los elementos que constituyen la estructura del edificio y que referencian a los elementos del árbol de componentes. Sus componentes son:

- Plantas, espacios, muros (interiores y exteriores), cubiertas y ventanas.

- Árbol de Subsistemas primarios 

En este árbol se encuentran todos los elementos que conectan los equipos de producción de energía térmica como calderas o enfriadoras (subsistemas primarios), con los equipos de distribución y tratamiento de aire (subsistemas secundarios). Contiene multitud de componentes algunos de los cuales son:

- Calderas, enfriadoras, calderas ACS, circuitos hidráulicos, acumuladores, intercambiadores, sistemas de condensación, bombas, etc.

- Árbol de Subsistemas secundarios



En este árbol se agrupan los sistemas de tratamiento de aire incluyendo los equipos autónomos que no están conectados a los equipos centrales.

Cada sistema lleva asociado un conjunto de zonas a las que presta servicio y que se muestran en el árbol.

5.1.2 PANEL DE REVISIÓN

El panel de revisión es el que aparece a la derecha del árbol de componentes en la ventana principal del programa. Se trata de un panel multifuncional que cambia según árbol de elementos que se seleccione.

Si se selecciona el árbol de componentes, el panel de revisión muestra la tabla de propiedades, de forma que al seleccionar un elemento del árbol, el panel lista todos los objetos del mismo tipo y permite modificar sus propiedades. La edición de estas tablas de propiedades resulta muy útil a la hora de comprobar errores en introducción de los datos.

Si se selecciona el árbol de geometría, el panel de revisión muestra la tabla de propiedades o la geometría 3D del edificio. Al igual que en el caso anterior, al seleccionar un elemento del árbol el panel lista todos los objetos del mismo tipo y permite realizar las modificaciones que sean necesarias.

Si se selecciona el árbol de subsistemas primarios o el árbol de subsistemas secundarios, el panel de revisión muestra la tabla de propiedades o el esquema de principios.

5.1.3 CÓDIGO DE COLORES

Para conocer en todo momento la procedencia de los datos que va a manejar el programa, en CALENER_GT se clasifican las propiedades de los objetos de acuerdo a este criterio, mediante el siguiente código de colores:

- Color rojo: valores que introduce el usuario.
- Color verde: valores por defecto (estáticos o dinámicos).
- Color azul: valores importados de la librería.
- Color morado: valores conectados con otros objetos.

- Color gris: campos no disponibles; los valores que carecen de sentido.

5.2 EXPORTACIÓN DEL EDIFICIO A CALENER_GT

Una vez que se ha verificado el cumplimiento del DB HE-1 de limitación de demanda energética del edificio, se pueden exportar los datos desde el programa LIDER al programa CALENER Grandes Edificios Terciarios, en adelante CALENER_GT. La exportación de los datos de la definición geométrica y constructiva del edificio la realiza el programa LIDER de manera automática, sin más que pulsar  .

Además es posible acceder directamente desde LIDER al programa CALENER_GT mediante el botón  .

La aplicación CALENER_GT requiere muchos más datos de entrada que el programa LIDER ya que para poder obtener la calificación energética del edificio será necesario introducir en el programa no sólo los datos constructivos y de geometría de la estructura, sino los datos de los sistemas (instalaciones térmicas y lumínicas) que contiene el inmueble. La importación de los datos de LIDER proporciona la mayor parte de los datos de la epidermis del edificio: polígonos, conjunto de capas, cerramientos, plantas, espacios, etc. pero conviene tener en cuenta que será necesario revisar muchos otros datos como los relativos a la ocupación e iluminación de los espacios o la localización de los cerramientos.

Tras múltiples intentos, la exportación de los datos del edificio a CALENER_GT ha resultado infructuosa debido a problemas de compatibilidad. De cualquier forma, aunque se hubiera exportado con éxito el edificio, una gran cantidad de componentes, como todos los relacionados con los subsistemas primarios y secundarios, habrían tenido que definirse por completo en CALENER_GT.

Finalmente se ha optado por definir el edificio de forma simplificada directamente en CALENER_GT. Se ha decidido no evaluar los 5 sótanos dedicados a uso de garaje que conforman la parte inferior del edificio. Esto no supone una diferencia significativa a la hora de evaluar el edificio puesto que estas plantas sólo disponen de un sistema de extracción de aire para casos de emergencia.

La definición geométrica y constructiva del edificio se realiza de forma muy similar a la desarrollada en el capítulo 4 con el programa LIDER, motivo por el cual no se va a presentar aquí. En resumen, igual que se realizó con LIDER, para la parte constructiva se crean los materiales, conjunto de capas y cerramientos y para la parte geométrica se crean las plantas, espacios, muros y ventanas mediante el empleo de polígonos definidos por coordenadas. Todos estos elementos se crean en el árbol de geometría.

Tras la introducción de todos los componentes constructivos y geométricos, el aspecto del edificio en CALENER es el siguiente:

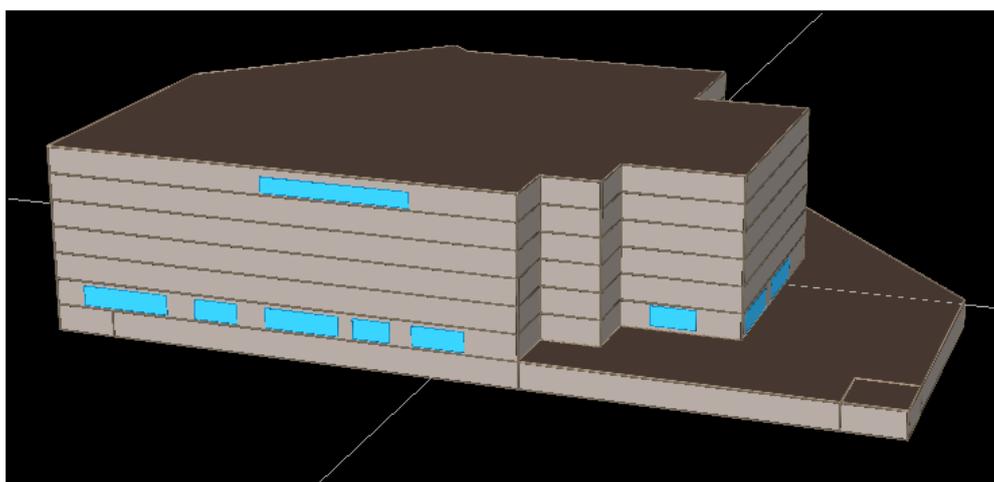


Figura 5.1. Vista 3D ECI de Albacete (fachada norte)

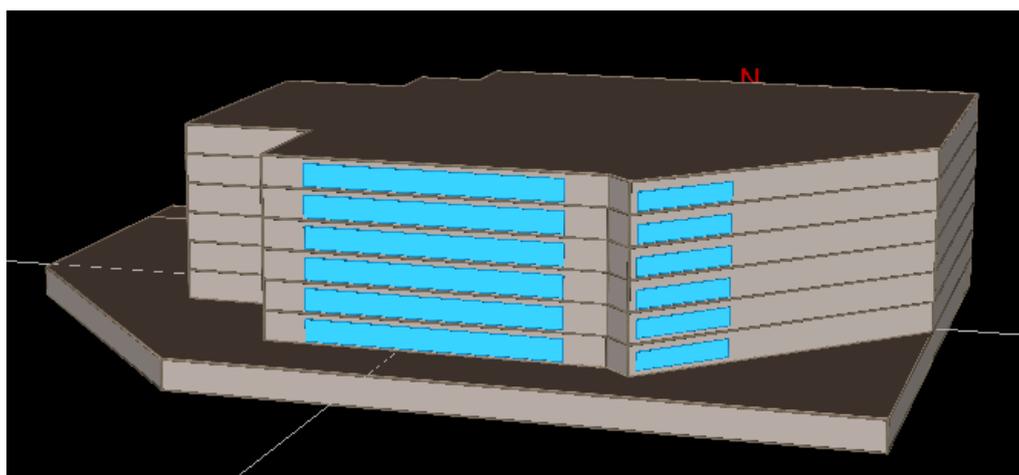


Figura 5.2. Vista 3D ECI de Albacete (fachada sur)

5.3 COMPONENTES Y SISTEMAS DEL EDIFICIO

En esta sección se va a explicar el proceso que se ha seguido para la creación de los elementos necesarios para llevar a cabo la calificación energética del edificio.

5.3.1 DATOS GENERALES

- Contribución de energía Fotovoltaica

En la sección 3.6.3 del capítulo 3 se explicó la metodología que se debe emplear para obtener la contribución mínima de producción eléctrica mediante energía fotovoltaica requerida según la exigencia HE-5 del CTE.

Como se indicó la potencia de pico se obtiene con la fórmula:

$$P = C(A \cdot S + B)$$

P [KW_p] es la potencia pico a instalar

A y B son coeficientes definidos en función del uso del edificio

C es un coeficiente definido en función de la zona climática

S [m²] es la superficie del edificio

La superficie del edificio es la suma de la planta semisótano y las seis plantas superiores (iguales entre sí):

$$S = 8003 + 6 \cdot 4903 = 37421 \text{ m}^2$$

Albacete se encuentra en la zona climática V con lo que $C=1.4$

El uso del edificio es de multitienda y centro de ocio con lo que $A=0.004688$ y $B=-7.81$.

La potencia de pico resulta ser:

$$P = 1.4(0.004688 \cdot 37421 - 7.21) = 234.6 \text{ KWp}$$

En los datos generales del proyecto de CALENER_GT se debe introducir la energía anual por producción eléctrica renovable en KWh/año. Para esto se supone que los paneles fotovoltaicos pueden funcionar en condiciones

aceptables aproximadamente durante la sexta parte del tiempo, esto es, unas 1460 horas por año. El dato a introducir es de 342614,56 kWh/año.

- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

La contribución mínima que le correspondería a la localidad de Albacete, independientemente de la demanda de ACS, sería de un 70%, pues debido a su gran radiación solar global pertenece a la zona climática V (véase 3.5.2).

Lo que ocurre en este caso es que la Licencia de construcción del edificio se solicitó con anterioridad a la fecha en la que el documento HE-4 adquirió carácter obligatorio. Por este motivo no se ha proyectado ningún sistema solar para cubrir la demanda de ACS.

The screenshot shows a software window with three tabs: 'Datos del proyecto', 'Localización', and 'Energías Renovables'. The 'Energías Renovables' tab is active. It displays the following information:

- Energía solar térmica para A.C.S.* (Thermal solar energy for ACS):
- Contribución solar mínima con apoyo eléctrico (CTE-HE 4): %
- Generación de energía eléctrica con energías renovables* (Electric energy generation with renewables):
- Energía generada: kWh/año

Figura 5.3. Generación de energía eléctrica y ACS mediante paneles solares

5.3.2 HORARIOS

Para llevar a cabo la simulación térmica y eléctrica del propio edificio y de los sistemas de que se compone, es necesario disponer de unos horarios que se emplearán para controlar el tiempo de funcionamiento de los distintos equipos así como las cargas de calefacción, climatización y eléctrica del edificio.

El primer paso consiste en la creación de un horario diario para, posteriormente, definir un horario semanal que se construye asignando un horario diario a cada día de la semana. Por último, es posible definir un horario anual que será un compendio de periodos con distintos horarios semanales.

En CALENER_GT existen ocho tipos distintos de horarios. En este proyecto, sólo se han empleado tres de estos tipos: el de tipo "fracción", el de tipo "temperatura" y el de tipo "todo/nada". En el horario de tipo "fracción" las operaciones horarias se expresan a través de un valor de un parámetro que varía entre 0 y 1. Por su parte, en el horario de tipo "temperatura" se emplean las temperaturas de consigna para controlar las operaciones horarias. El horario

tipo "todo o nada" es un caso particular del fraccional en el que los parámetros sólo pueden tomar los valores 0 y 1.

A continuación se presentan dos de los horarios empleados para describir las operaciones horarias de ECI de Albacete.

Seleccionar Horario Diario:

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0"/>	8 - 9:	<input type="text" value="1"/>	16 - 17:	<input type="text" value="1"/>
1 - 2:	<input type="text" value="0"/>	9 - 10:	<input type="text" value="1"/>	17 - 18:	<input type="text" value="1"/>
2 - 3:	<input type="text" value="0"/>	10 - 11:	<input type="text" value="1"/>	18 - 19:	<input type="text" value="1"/>
3 - 4:	<input type="text" value="0"/>	11 - 12:	<input type="text" value="1"/>	19 - 20:	<input type="text" value="1"/>
4 - 5:	<input type="text" value="0"/>	12 - 13:	<input type="text" value="1"/>	20 - 21:	<input type="text" value="1"/>
5 - 6:	<input type="text" value="0"/>	13 - 14:	<input type="text" value="1"/>	21 - 22:	<input type="text" value="1"/>
6 - 7:	<input type="text" value="0"/>	14 - 15:	<input type="text" value="1"/>	22 - 23:	<input type="text" value="1"/>
7 - 8:	<input type="text" value="0"/>	15 - 16:	<input type="text" value="1"/>	23 - 24:	<input type="text" value="0"/>

Figura 5.4. Horario laborable diario de funcionamiento de ECI de Albacete

El horario de la figura 5.4 describe la operación de funcionamiento en un día laboral. Se trata de un horario todo/nada y como se ve, se ha supuesto un horario de operación comercial típico entre las 8 de la mañana y las 11 de la noche (valor=1). Su horario semanal asociado se completa con un horario para los domingos que mantiene los equipos apagados (todos los valores=0) y que se ha denominado HD_FUN_COMERCIAL_FS.

Seleccionar Horario Semanal:

Nombre:

Tipo:

Asignación de Horarios Diarios

Lunes:

Martes:

Miércoles:

Jueves:

Viernes:

Sábado:

Domingo:

Figura 5.5. Horario semanal de funcionamiento de ECI de Albacete

Seleccionar Horario Diario:

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="20,0"/>	°C

Figura 5.6. Horario diario de ECI de Albacete

El horario de la figura 5.6 es uno de los dos horarios de tipo “temperatura” definidos en el proyecto para llevar a cabo el control de los equipos de climatización. En este caso, la temperatura de consigna asignada es de 20°C que sirve para el control en invierno. Aunque no se incluye aquí, también se ha creado un horario idéntico pero con temperatura de consigna de 25°C que se emplea para el control en verano.

5.3.3 CURVAS DE COMPORTAMIENTO

Estas curvas describen la variación de determinadas características de algunos de los equipos que simula CALENER_GT según varían los parámetros de operación de los mismos. Estas curvas permiten la simulación de los equipos en condiciones distintas a las nominales.

Para algunos de estos equipos como plantas enfriadoras, calderas, bombas, torres de refrigeración, etc. el programa permite realizar modificaciones sobre las curvas de comportamiento incluidas en la base de datos, pero esto requiere un elevado conocimiento del equipo que se está tratando (datos técnicos de los fabricantes). En el caso de ECI de Albacete no se han realizado modificaciones de los valores por defecto que ofrece el programa para las curvas de comportamiento.

La información detallada de las curvas de comportamiento y sus valores por defecto se encuentra en el manual de CALENER_GT denominado "manual de curvas de comportamiento".

5.3.4 SUBSISTEMAS PRIMARIOS

Como ya se ha mencionado los subsistemas primarios son todos los equipos encargados de la producción de energía calorífica y frigorífica así como de su transporte y distribución a los equipos consumidores centrales. Todos los elementos se crean mediante la opción "crear nuevo" que aparece en el menú contextual emergente al pulsar el botón derecho del ratón sobre cada una de las carpetas de los elementos.

- ◆ Bombas

Las bombas son los elementos que se deben crear en primer lugar. Los datos que se pueden especificar son el caudal (l/h), la altura (m.c.a), la potencia en KW, el número, el rendimiento del motor, el rendimiento mecánico y el tipo de control (velocidad constante, velocidad variable o dos velocidades).

También se pueden modificar las curvas de comportamiento que ofrece el programa por defecto y que describen la variación del incremento de presión en el fluido y la variación de la potencia nominal de la bomba.

Para configurar el sistema de distribución y transporte de agua de ECI de Albacete se han definido 4 tipos de bombas. Se distinguen según pertenezcan al circuito de agua fría (CAF) o al de agua caliente (CAC) y según estén sobre la rama del primario o del secundario. Sus propiedades son las siguientes:

	Nombre bomba	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia	Número de bombas
1	Bomba CAF (Secundario)	331.000	26,0	28,04	3
2	Bomba CAF(Primario)	248.000	16,0	12,93	4
3	Bomba CAC(Secundario)	115.000	26,0	9,74	2
4	Bomba CAC(Primario)	57.500	12,0	2,25	2

Tabla 5.1. Propiedades de las bombas de ECI de Albacete

Obsérvese que la potencia aparece como valor no modificable, esto se debe a que ha sido calculado por el programa basándose en los otros datos introducidos.

	Nombre bomba	Tipo de control	Rendimiento del motor (ratio)	Rendimiento mecánico (ratio)
1	Bomba CAF (Secundario)	Velocidad variable	0,92	0,92
2	Bomba CAF(Primario)	Velocidad constante	0,92	0,92
3	Bomba CAC(Secundario)	Velocidad variable	0,92	0,92
4	Bomba CAC(Primario)	Velocidad constante	0,92	0,92

Tabla 5.2. Rendimientos y tipo de control de las bombas de ECI de Albacete

No es necesario definir ninguna bomba para el circuito de condensación, pues como se verá más adelante todos los equipos son condensados por aire.

◆ Circuitos hidráulicos

Son los elementos más importantes pues todos los equipos se encuentran conectados a través de ellos. En CALENER_GT se pueden definir hasta siete tipos de circuitos: de agua caliente, de agua fría, de agua bruta, de condensación, de doble tubo, de bomba de calor en circuito cerrado y de agua caliente sanitaria. El tipo de circuito es un parámetro de obligada introducción. Además se pueden indicar datos de subtipo (circuito primario o secundario), la bomba del circuito y datos de control.

Se han definido 2 circuitos hidráulicos, uno de agua caliente que distribuye el agua desde las calderas hasta las baterías de las unidades de tratamiento de aire (UTA) y otro de agua fría que distribuye el agua desde las enfriadoras hasta las baterías de frío de las unidades de tratamiento de aire.

En lo que respecta a los datos de control, CALENER_GT dispone de cuatro modos de operación; disponibilidad permanente, disponibilidad bajo demanda, disponibilidad en función de horario y cambio estacional por temperatura y tres modos para el control de la temperatura del agua; fijo, ley de correspondencia de temperatura exterior y en función de horario.

Tanto para el circuito de agua fría como para el circuito de agua caliente se ha optado por un modo de operación de disponibilidad bajo demanda y un control fijo de la temperatura del agua con temperatura de consigna de 80°C para el agua caliente y 7°C para el agua fría.

No es necesario definir ningún circuito de condensación, pues como ya se ha mencionado todos los equipos son condensados por aire.

	Nombre circuito hidráulico	Tipo de circuito	Subtipo	Bomba circuito
1	Circuito Agua Fría	Agua fría	Primario	Bomba CAF (Secundario)
2	Circuito Agua Caliente	Agua caliente	Primario	Bomba CAC(Secundario)

Tabla 5.3. Parámetros circuitos de ECI de Albacete

Modo de operación: Disponibilidad bajo demanda	
Temperatura de cambio estacional: n/a	
Horario disponibilidad calor: n/a	
Horario disponibilidad frío: n/a	
Calefacción/ACS	
Tipo control T agua: n/a	Tipo control T agua: Fijo
Temperatura consigna: n/a °C	Temperatura consigna: 7,0 °C
Horario T consigna: n/a	Horario T consigna: n/a
Ley correspondencia T: n/a	Ley correspondencia T: n/a
Caudal máximo ACS: n/a l/h	
T del agua de red: n/a °C	
Horario ACS: n/a	
Refrigeración/Condensación	

Figura 5.7. Modo de operación y control T del agua circuito de agua fría

Figura 5.8. Modo de operación y control T del agua circuito de agua caliente

◆ Plantas enfriadoras

CALENER_GT permite elegir entre siete tipos de plantas enfriadoras: de compresor eléctrico (con o sin recuperador de calor), de absorción de simple etapa, de absorción de doble etapa, de absorción por llama directa, de motor de combustión interna y de bomba de calor (2T o 4T).

El sistema de producción de agua fría del edificio es centralizado y consta de 4 plantas enfriadoras de compresor eléctrico sin bomba de calor y sin recuperador condensadas por aire que proporcionan una potencia nominal de 5760 KW. En este caso, al tratarse de plantas convencionales de compresor eléctrico, los datos a introducir son la capacidad nominal en KW (según condiciones Eurovent) y el Energy Efficiency Ratio (EER) de la enfriadora que se define como:

$$EER = \frac{P_{\text{frigorífica}} \text{ (KW)}}{P_{\text{eléctrica consumida}} \text{ (KW)}}$$

Para todas las enfriadoras se ha considerado EER=2.6. Por último, es necesario indicar las conexiones que involucran a las plantas enfriadoras y el salto de temperatura que experimenta el agua en entre la entrada y la salida de la máquina. Como se ha introducido el dato de capacidad nominal, este salto es de 5°C puesto que así lo marcan las condiciones Eurovent (temperatura de entrada del agua 12°C y temperatura de salida 7°C).

A continuación se muestran los valores de las plantas de producción de frío de ECI de Albacete.

	Nombre planta enfriadora	Tipo	Capacidad nominal refri. (kW)	Capacidad nominal calef. (kW)	EER (electricidad)
1	Enfriadora 1	Compresor eléctrico ▼	1.440,00	n/a	2,60
2	Enfriadora 2	Compresor eléctrico ▼	1.440,00	n/a	2,60
3	Enfriadora 3	Compresor eléctrico ▼	1.440,00	n/a	2,60
4	Enfriadora 4	Compresor eléctrico ▼	1.440,00	n/a	2,60

Tabla 5.4. Características básicas de las enfriadoras de ECI de Albacete

	Nombre planta enfriadora	Nombre Circ. Agua Fría	Bomba Circ. Agua Fría	Salto T Circ. Agua Fría (°C)
1	Enfriadora 1	Circuito Agua Fría ▼	Bomba CAF(Primario) ▼	5,0
2	Enfriadora 2	Circuito Agua Fría ▼		5,0
3	Enfriadora 3	Circuito Agua Fría ▼		5,0
4	Enfriadora 4	Circuito Agua Fría ▼		5,0

Tabla 5.5. Conexiones a circuitos

◆ Calderas

CALENER_GT permite elegir entre cuatro tipos de calderas de combustible: convencional, de baja temperatura, de condensación o de biomasa. Además, dispone de seis tipos de combustibles: gas natural, gasóleo, fuel-oil, carbón, GLP y biomasa.

El sistema de producción de agua caliente de ECI de Albacete es centralizado y funciona mediante 2 calderas no eléctricas de tipo convencional que emplean gas natural que desarrollan una potencia nominal de 2700 KW. Además del dato de potencia, se ha de indicar un valor para el rendimiento térmico de la caldera, relación entre la potencia nominal a plena carga que entrega la caldera y la potencia calorífica que consume (Poder calorífico inferior del combustible, PCI).

$$\eta_{comb} = \frac{Q_{nom_caldera}}{m_{comb} \cdot PCI_{combustible}} < 1$$

$Q_{nom_caldera}$ [KW] potencia nominal de la caldera a plena carga

m_{comb} [Kg/s] gasto másico de combustible

$PCI_{combustible}$ [KJ/Kg] poder calorífico inferior del combustible

Resulta obligado puntualizar que esta definición es válida para cualquier caldera de combustible a excepción de las calderas de condensación, pues en estas calderas se aprovecha el calor procedente de la entalpía del vapor de agua resultante de la combustión por lo que pueden lograr incluso $\eta_{comb} > 1$.

El valor de rendimiento de las calderas del ECI de Albacete se ha fijado en 0.85, valor que coincide con el proporciona por defecto por el programa.

En cuanto al resto de los datos, no se han modificado los valores por defecto del programa.

	Nombre caldera	Tipo	Subtipo	Potencia nominal. (kW)
1	Caldera 1	Caldera de combustible	Convencional	1.350,00
2	Caldera 2	Caldera de combustible	Convencional	1.350,00

Rendimiento térmico (ratio)	Temperatura de consigna (°C)	Salto T diseño (°C)	Tipo de combustible	Potencia nominal/consumo elec
0,85	80,0	20,0	Gas Natural	400,00
0,85	80,0	20,0	Gas Natural	400,00

Tabla 5.6. Características de las calderas de ECI de Albacete

Obsérvese que la temperatura de consigna para las calderas aparece como valor no modificable, esto se debe a que este valor ha sido previamente introducido en la definición de los parámetros de control del circuito de agua caliente.

- ◆ Torres de refrigeración

Dado que los equipos son condensados por aire, el sistema no dispone de ninguna torre de refrigeración.

5.3.5 SUBSISTEMAS SECUNDARIOS

Los sistemas secundarios son los encargados de tratar y distribuir el aire a los espacios climatizados. En CALENER_GT se distinguen dos niveles para los subsistemas secundarios o "equipos del lado del aire". Por un lado está el "nivel de sistema" o "nivel de UTA" que recoge las unidades de tratamiento de aire

(UTA) que son los equipos encargados de tratar el aire antes de distribuirlo a las zonas. Por otro lado está el "nivel de zona" que incluye los equipos y dispositivos que se ubican directamente en las zonas a las que prestan servicio.

Las unidades de tratamiento de aire se crean dentro de la carpeta de subsistemas secundarios que se encuentra en el árbol de subsistemas secundarios. Los equipos de nivel de zona como las unidades terminales se crean como "objetos hijos" de los subsistemas secundarios, empleando la opción "crear objeto hijo" del programa.

- ◆ DATOS OPERATIVOS PARA LAS UTA´s

CALENER_GT permite definir multitud de tipos de equipos a nivel de sistema como equipos autónomos o de expansión directa, sistemas de tipo todo agua o fan-coil, sistemas de ventilación, sistemas todo aire de caudal variable, sistemas todo aire de caudal constante, etc.

Las UTA´s son equipos centrales que engloban una gran cantidad de dispositivos y que puede variar en función de los requerimientos del aire que se impulsa.

Para la definición completa de una UTA, en CALENER_GT se pueden especificar datos relativos a:

- Especificaciones básicas
- Ventiladores
 - Ventilador de impulsión y ventilador de retorno
- refrigeración
 - Baterías, equipos autónomos, enfriamiento evaporativo y economizador de agua
- calefacción
 - Fuentes de calor, baterías, precalentamiento, equipos autónomos y bomba de calor
- Control

- Técnicas de recuperación
- Curvas de comportamiento

Como ya se ha mencionado, las unidades de tratamiento de aire pueden no incluir determinados elementos. A continuación se muestra un esquema de la sección común a todas las UTA´s del ECI de Albacete:

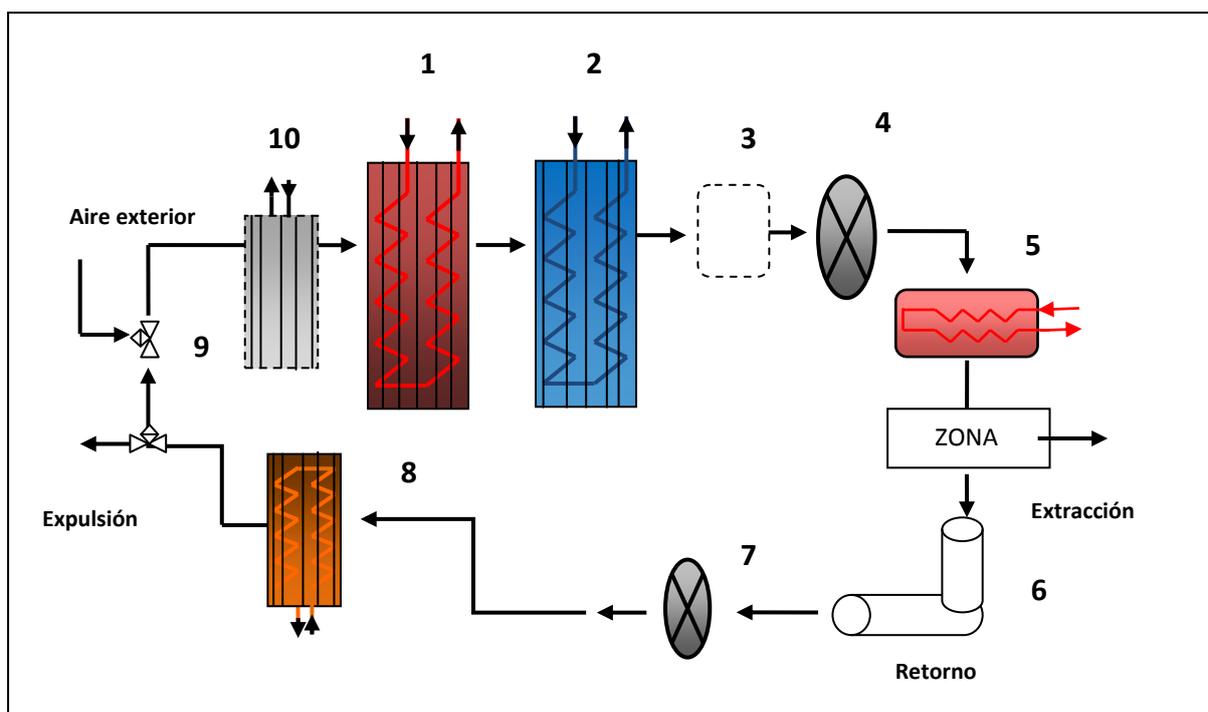


Figura 5.9. Esquema de la sección de una UTA de ECI de Albacete

1. Batería de calor
2. Batería de frío
3. Sistema de humidificación/deshumidificación
4. Ventilador de impulsión
5. Batería recalentamiento terminal
6. Retorno por conductos
7. Ventilador de retorno
8. Recuperador de calor
9. Válvula de mezcla
10. Batería de precalentamiento

Las UTA´s de ECI de Albacete no disponen de sistema de humidificación (3) ni de precalentamiento (10) del aire previa entrada en las baterías principales, de ahí que estos elementos hayan sido representados con línea discontinua.

El sistema principal de distribución de aire de ECI de Albacete se ha simplificado agrupando distintas zonas del centro de usos similares en una misma UTA, resultando un total de nueve UTA´s que cubren la demanda de las diez zonas (agrupaciones de zonas en realidad) del centro. Todas las unidades son de tipo todo aire de caudal variable, carecen de control de humedad y tienen retorno por conductos.

Para los ventiladores de impulsión y de retorno los datos más importantes son el horario, el caudal de aire en m³/h y la potencia en KW. Se ha especificado el horario anual HA_FUN_COMERCIAL de manera que los ventiladores pueden funcionar todos los días del año de 9 a 23h, excepto los domingos que permanecen parados. Los ventiladores se encuentran aguas abajo de las baterías de frío y de calor. Esta posición se indica en la casilla correspondiente marcando "draw-through", el ventilador "tira" del flujo de aire.

Subsist. Secund.	Horario	Potencia (kW)	Caudal (m ³ /h)
Sistema de Caudal Variable 1	HA_FUN_COMERCIAL	160,00	150.000
Sistema de Caudal Variable 2	HA_FUN_COMERCIAL	20,00	27.000
Sistema de Caudal Variable 3	HA_FUN_COMERCIAL	20,00	27.000
Sistema de Caudal Variable 4	HA_FUN_COMERCIAL	170,00	150.000
Sistema de Caudal Variable 5	HA_FUN_COMERCIAL	160,00	150.000
Sistema de Caudal Variable 6	HA_FUN_COMERCIAL	160,00	150.000
Sistema de Caudal Variable 7	HA_FUN_COMERCIAL	160,00	150.000
Sistema de Caudal Variable 8	HA_FUN_COMERCIAL	160,00	150.000
Sistema de Caudal Variable 9	HA_FUN_COMERCIAL	160,00	150.000

Subsist. Secund.	Control	Posición ventilador	Ventilad or Ret.	Caudal Ret. (m ³ /h)	Potencia Ret. (kW)	Caudal min. CV (ratio)
Sistema de Caudal Variable 1	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 2	Velocidad variable	Draw-Through	No	n/a	n/a	0,20
Sistema de Caudal Variable 3	Velocidad variable	Draw-Through	No	92.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 4	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 5	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 6	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 7	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 8	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20
Sistema de Caudal Variable 9	Velocidad variable	Draw-Through	Sí	125.000	40,00	0,20

Tabla 5.7. Parámetros de los ventiladores de impulsión y de retorno de ECI de Albacete

En cuanto a las baterías de refrigeración, los datos más relevantes son la potencia en KW (total y sensible) y el salto térmico del agua previamente

especificado en el circuito de agua fría. También se debe indicar el tipo de válvula (de 2 vías en este caso) que permite variar el caudal de la batería cuando ocurre una variación de carga.

Subsist. Secund.	Pot. Total (kW)	Pot. Sens. (kW)	Circuito	Caudal Agua (l/h)	Salto Térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
Sistema de Caudal Variable 1	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 2	300,00	250,00	Circuito Agua Fría	51.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 3	300,00	250,00	Circuito Agua Fría	51.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 4	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 5	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 6	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 7	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 8	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías
Sistema de Caudal Variable 9	800,00	735,00	Circuito Agua Fría	137.600	5,0	Dos vías

Tabla 5.8. Características de las baterías de frío de ECI de Albacete

Nótese que el caudal aparece como valor no modificable pues es calculado por el programa a partir de la potencia y el salto térmico del agua fría.

En lo que respecta a las baterías de calefacción, los datos más relevantes son la potencia en KW y el salto térmico del agua caliente previamente especificado en el circuito de agua caliente.

Subsist. Secund.	Potencia bat. central (kW)	Caudal bat. central (l/h)	Pot. Bat. Recal.	Circuito UTA
Sistema de Caudal Variable 1	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 2	260,00	11.180	n/a	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 3	260,00	11.180	n/a	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 4	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 5	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 6	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 7	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 8	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente
Sistema de Caudal Variable 9	385,00	16.555	Sí	Circuito Agua Caliente

	Subsist. Secund.	Circuito Zonal	Salto térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
1	Sistema de Caudal Variable 1	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías
2	Sistema de Caudal Variable 2	n/a	20,0	Dos vías
3	Sistema de Caudal Variable 3	n/a	20,0	Dos vías
4	Sistema de Caudal Variable 4	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías
5	Sistema de Caudal Variable 5	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías
6	Sistema de Caudal Variable 6	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías
7	Sistema de Caudal Variable 7	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías
8	Sistema de Caudal Variable 8	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías
9	Sistema de Caudal Variable 9	Circuito Agua Caliente	20,0	Dos vías

Tabla 5.9. Características de las baterías de calor de ECI de Albacete

Algunas de las UTAs incorporan la posibilidad de emplear free-cooling o enfriamiento gratuito por entalpía que consiste en enfriar los espacios directamente con aire exterior mientras la entalpía del aire exterior sea inferior a la del local.

	Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo de Control
1	Sistema de Caudal Variable 1	Sí	Por entalpía
2	Sistema de Caudal Variable 2	No	n/a
3	Sistema de Caudal Variable 3	No	n/a
4	Sistema de Caudal Variable 4	Sí	Por entalpía
5	Sistema de Caudal Variable 5	Sí	Por entalpía
6	Sistema de Caudal Variable 6	Sí	Por entalpía
7	Sistema de Caudal Variable 7	Sí	Por entalpía
8	Sistema de Caudal Variable 8	Sí	Por entalpía
9	Sistema de Caudal Variable 9	Sí	Por entalpía

Tabla 5.10. Enfriamiento gratuito

Todas las UTAs incorporan la posibilidad de emplear un recuperador de calor del aire de expulsión. En este caso se incluye la posibilidad de recuperar tanto calor sensible como latente. Hay que indicar el consumo eléctrico del recuperador y su efectividad.

Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo	Potencia (kW)	Efectividad
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65
Sistema de Caudal Variab	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,65

Tabla 5.11. Recuperadores de calor

◆ DATOS OPERATIVOS DE LOS SISTEMAS DE ZONA

Para la definición de los equipos de nivel de zona se pueden especificar datos relativos a:

- ◆ Termostato

- Caudales de zona
- Unidades terminales

Para cada una de las zonas se especifica el subsistema secundario al que pertenece y el tipo de zona de que se trata (acondicionada, no acondicionada o por plenum). En el caso de ECI de Albacete tanto el semisótano como las 6 plantas superiores están acondicionadas mediante un sistema de aire. El semisótano se encuentra dividido en 4 zonas climatizadas a las que prestan servicio los subsistemas secundarios 1, 2 y 3. Las UTA's 2 y 3 son las que generan las cortinas de aire en las entradas del centro.

	Zona	Tipo	Espacio	Subsistema secundario
1	Zona 1 SS	Acondicionada	Espacio SS 1	Sistema de Caudal Variable 1
2	Zona 2 SS	Acondicionada	Espacio SS 2	Sistema de Caudal Variable 1
3	Zonas 3 SS	Acondicionada	Espacio SS Cortina 1	Sistema de Caudal Variable 2
4	Zonas 4 SS	Acondicionada	Espacio SS Cortina 2	Sistema de Caudal Variable 3
5	Zonas 5 PB	Acondicionada	Espacio PB	Sistema de Caudal Variable 4
6	Zonas 6 P1	Acondicionada	Espacio P1	Sistema de Caudal Variable 5
7	Zonas 7 P2	Acondicionada	Espacio P2	Sistema de Caudal Variable 5
8	Zonas 8 P3	Acondicionada	Espacio P3	Sistema de Caudal Variable 5
9	Zonas 9 P4	Acondicionada	Espacio P4	Sistema de Caudal Variable 5
10	Zonas 10 P5	Acondicionada	Espacio P5	Sistema de Caudal Variable 5

Tabla 5.12. Propiedades generales de las zonas

Los termostatos controlan el funcionamiento de los equipos de distribución y tratamiento de aire mediante las temperaturas de consigna establecidas en las zonas. En periodo de invierno, los equipos arrancan cuando la temperatura en las zonas desciende por debajo de 20°C. De igual modo, en el periodo de verano, los equipos arrancan cuando la temperatura en las zonas es superior a 25°C. El ancho de banda del termostato permite que la temperatura en las zonas esté en un rango cercano a la temperatura de consigna que se obtiene según:

$$T_{zona} = T_{consigna} \pm \frac{\text{ancho de banda}}{2}$$

	Zona	Tipo termostato	Ancho de banda (°C)	Consigna Ref.	Cosigna Cal.
1	Zona 1 SS	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
2	Zona 2 SS	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
3	Zonas 3 SS	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
4	Zonas 4 SS	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
5	Zonas 5 PB	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
6	Zonas 6 P1	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
7	Zonas 7 P2	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
8	Zonas 8 P3	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
9	Zonas 9 P4	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
10	Zonas 10 P5	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C

Tabla 5.13. Parámetros de control y horarios de los termostatos

El siguiente paso consiste en especificar los caudales de impulsión de aire en m³/h que requieren cada una de las zonas así como el aire que se extrae de cada una de ellas. El programa permite elegir entre dos opciones para definir el caudal de aire de extracción: caudal total o caudal por persona.

Se ha seleccionado para todos los espacios el método de caudal por persona dejando el valor por defecto del programa de 36 m³/hpers que equivalen a 10 l/spers. Al seleccionar esta opción, el programa emplea los datos de ocupación de los espacios para calcular el caudal total. La fracción mínima permitida del caudal de diseño de impulsión es 0.20. Este valor ya se indicó en la definición de los ventiladores.

Zona	Caudal diseño (m ³ /h)	Fracción Min. (ratio)	Metodo def. Aire Ext.	Caudal/Pers. (m ³ /h)	Renov. /hora	Existe vent. extra
Zona 1 SS	100.000	0,20	Caudal por persona	36,0	1,25	No
Zona 2 SS	50.000	0,20	Caudal por persona	36,0	1,25	No
Zonas 3 SS	27.000	0,20	Caudal por persona	36,0	1,25	No
Zonas 4 SS	27.000	0,20	Caudal por persona	36,0	1,25	No
Zonas 5 PB	150.000	0,20	Caudal por persona	36,0	2,50	No
Zonas 6 P1	150.000	0,20	Caudal por persona	36,0	2,50	No
Zonas 7 P2	150.000	0,20	Caudal por persona	36,0	2,50	No
Zonas 8 P3	150.000	0,20	Caudal por persona	36,0	2,50	No
Zonas 9 P4	150.000	0,20	Caudal por persona	36,0	2,50	No
Zonas 10 P5	150.000	0,20	Caudal por persona	36,0	2,50	No

Tabla 5.14. Caudales de diseño de impulsión de aire a zonas

Por último se especifican los datos relativos a las unidades terminales. En este caso se especifica la potencia de las baterías de calentamiento.

	Zona	Pot. Ref. Tot. (kW)	Pot. Cal. (kW)	Agua Cal. (l/h)
1	Zona 1 SS	n/a	14,00	602
2	Zona 2 SS	n/a	14,00	602
3	Zonas 3 SS	n/a	12,00	n/a
4	Zonas 4 SS	n/a	12,00	n/a
5	Zonas 5 PB	n/a	14,00	602
6	Zonas 6 P1	n/a	14,00	602
7	Zonas 7 P2	n/a	14,00	602
8	Zonas 8 P3	n/a	14,00	602
9	Zonas 9 P4	n/a	14,00	602
10	Zonas 10 P5	n/a	14,00	602

Tabla 5.15. Potencia de calor unidades terminales

5.4 FORMULARIO DE EDICIÓN DE LOS ESPACIOS

Una vez que se han definido todos los subsistemas, es necesario revisar las propiedades de los espacios, pues muchas de ellas tendrán los valores por defecto del programa.

Para acceder al formulario de edición de los espacios se procede igual que en LIDER, se pulsa en "editar" en el menú contextual que aparece al pulsar el botón derecho del ratón tras situar el puntero sobre el espacio a editar en el árbol de geometría. Este formulario agrupa una gran cantidad de información del edificio y se compone de tres subformularios que se describen a continuación.

5.4.1 FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA

En este formulario se resumen las características generales y geométricas del espacio. Los campos de mayor relevancia que conviene siempre revisar son el tipo de actividad (oficinas, residencial, comercio, hotel/hostal, restaurantes/bares, etc) y el tipo de espacio según el HE-1 (baja carga interna o alta carga interna). Para comprender mejor esta última clasificación véase el punto 3.2.2 en el capítulo 3. El siguiente formulario corresponde al espacio de la planta baja de ECI de Albacete.

Nombre:	<input type="text" value="Espacio PB"/>
Tipo de actividad:	<input type="text" value="Comercio"/>
Tipo de espacio:	<input type="text" value="Acondicionado"/>
Tipo de espacio (CTE-HE1):	<input type="text" value="Alta carga interna"/>
Multiplicador:	<input type="text" value="1"/>
Espacio solar:	<input type="text" value="No"/>
Geometría	
Polígono:	<input type="text" value="Espacio PB-5"/>
Altura:	<input type="text" value="3,60"/> m
Área suelo:	<input type="text" value="4.903,00"/> m ²
Volumen:	<input type="text" value="17.650,80"/> m ³
Coordenadas origen	
Localización:	<input type="text" value="Misma que la planta"/>
X:	<input type="text" value="0,00"/> m
Y:	<input type="text" value="0,00"/> m
Z:	<input type="text" value="0,00"/> m
Azimut:	<input type="text" value="0,0"/> °

Figura 5.10. Formulario de descripción y geometría de la planta baja de ECI de Albacete

Se ha marcado “comercio” como tipo de actividad y “alta carga interna” como tipo de espacio (CTE HE1). Esto último refleja la elevada iluminación y ocupación del edificio que se prevé en condiciones normales de actividad.

5.4.2 FORMULARIO DE OCUPACIÓN, EQUIPOS E INFILTRACIÓN

En este formulario se introducen los datos relativos a las cargas internas del espacio. Estos valores son importantes puesto que los emplea el programa para calcular la carga térmica del edificio (no se va a entrar en los detalles del subprograma de simulación de cargas puesto que no es este el objeto del proyecto). Para que el programa pueda realizar la simulación es imprescindible introducir los horarios de ocupación y de funcionamiento de los equipos. En la parte de ocupación se introduce una estimación del área en m² por persona y de la carga sensible y latente que aporta cada persona. Como valores de referencia para personas en reposo pueden tomarse los siguientes:

$$Q_{sens} = 60 \text{Kcal/h} = 70 \text{W}$$

$$Q_{lat} = 50 \text{Kcal/h} = 60 \text{W}$$

En la parte de fuentes internas se introduce una estimación de la potencia por unidad de área de los equipos presentes en el inmueble (excluyendo las luminarias), indicándose la fracción que corresponde a carga latente. En este

caso los equipos solo aportan carga sensible. El siguiente formulario corresponde al espacio que engloba la planta baja de ECI de Albacete.

The screenshot shows a software interface with the following fields and values:

- Selección de Espacio:** Espacio PB
- Descripción y geometría** | **Ocupación, equipos e infiltración** | Iluminación artificial y natural
- Ocupación**
 - Horario: HA_OCU_COMERCIAL
 - Área/Ocupante: 4,00 m²/persona
 - Q sensible/Ocupante: 80,84 W/persona
 - Q latente/Ocupante: 59,40 W/persona
- Fuentes internas de calor (Equipos)**
 - Horario: HA_OCU_COMERCIAL
 - Potencia/Área: 10,00 W/m²
 - Fracción sensible: 1,00 ratio
 - Fracción latente: 0,00 ratio
- Infiltraciones**
 - Horario: HA_INF_COMERCIAL
 - Renovaciones/hr: 1,00 1/h

Figura 5.11. Formulario de ocupación equipos e infiltración de la planta baja de ECI de Albacete

Obsérvese que el programa aporta unos valores por defecto (color verde) para la mayoría de los campos mencionados. Estos valores cambian en función de la opción seleccionada en el campo "tipo de espacio (CTE HE1)" y "tipo de actividad" del formulario anterior.

5.4.3 FORMULARIO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL

En CALENER_GT se pueden introducir los datos de los equipos y los sistemas de iluminación del edificio. Como se va a describir a continuación las posibilidades en cuanto al tipo de equipos y modelos de control que permite introducir el programa son bastante limitadas.

Lo primero es introducir el horario de los equipos de iluminación, necesario para calcular la potencia total, previamente definido en el árbol de componentes.

En CALENER_GT sólo se puede especificar un tipo de iluminación artificial: luminarias de techo. Se puede optar por uno de los 5 tipos de luminarias disponibles:

- Fluorescente no ventilada

- Fluorescente con retorno
- Fluorescente con impulsión/retorno
- Incandescente
- Otras

Nótese que en lo que a tipo de lámpara se refiere sólo se tienen dos posibilidades bien diferenciadas: incandescentes o fluorescentes. Esta clasificación se refiere a la posibilidad de impulsar o retornar el aire a través del plenum situado encima de las luminarias pero resulta ambigua en cuanto a eficiencia energética.

Los siguientes valores a introducir son los valores de eficiencia energética de la instalación VEEI y VEEI límite. La iluminancia media mantenida en el edificio es de 500 lux y la potencia instalada por unidad de área es de 30W/m², por tanto:

$$VEEI = \frac{30 \cdot 100}{500} = 6 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot 100\text{lux}} \right]$$

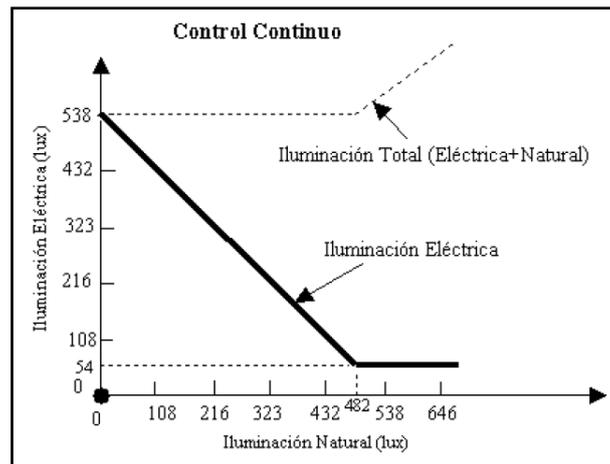
Recuérdese que los valores límite se especifican en la normativa CTE HE-3 (véase apartado 3.4.1 del capítulo 3). En este caso no se ha modificado el valor por defecto que ofrece el programa y que depende del tipo de actividad (para un espacio con actividad de tipo comercial es VEEI=6).

El último paso es definir, si lo hay, el sistema de control de iluminación artificial en función de la iluminación natural.

CALENER_GT permite elegir entre 3 tipos de control:

- **Progresivo o continuo**

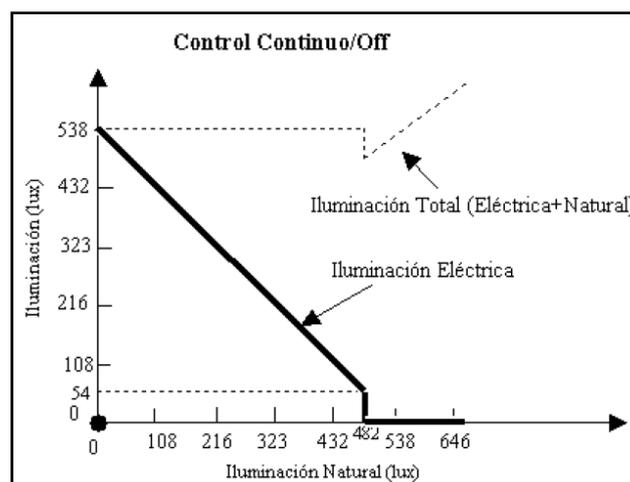
La iluminación artificial disminuye linealmente a medida que aumenta el nivel de luz natural. El nivel de iluminación eléctrica nunca puede ser menor que un cierto nivel prefijado.



Gráfica 5.1. Control progresivo

- **Progresivo/apagado o continuo/off**

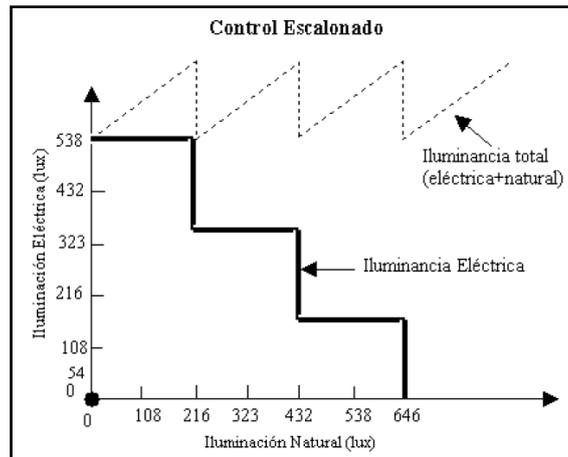
Es muy similar al anterior. La diferencia principal reside en que la iluminación artificial se apaga completamente cuando la iluminación total excede el nivel de consigna fijado.



Gráfica 5.2. Control progresivo/apagado

- **Por etapas o escalonado**

Se establecen determinados niveles de iluminación artificial que cubren un rango de valores de iluminación natural.



Gráfica 5.3. Control por etapas

La instalación de un sistema de control de iluminación artificial es una buena medida de ahorro de electricidad, desgraciadamente, para el edificio tratado la implantación de dicho sistema queda completamente descartada puesto que al tratarse de un edificio comercial todas sus fachadas principales son ciegas y resulta imposible un control basado en la iluminación natural.

A continuación se presenta el formulario de iluminación correspondiente al espacio que engloba la planta baja de ECI de Albacete.

Iluminación artificial

Horario:

Potencia/Área: W/m²

Tipo de luminaria:

Valor de eficiencia energética (VEEI): W/m²100lux

Valor de eficiencia energética (VEEI) Límite: W/m²100lux

Iluminación artificial controlada por la natural

Existe control automático: N° de puntos de referencia:

Puntos de referencia iluminación

	Fracción zona	Consigna iluminación	Tipo de control	Coordenadas relativas		
				X	Y	Z
Punto 1:	<input type="text" value="n/a"/>					
Punto 2:	<input type="text" value="n/a"/>					

Fracción potencia mín.: Frac. ilum. mín.: N° etapas control:

Figura 5.12. Formulario de iluminación natural y artificial de la planta baja de ECI de Albacete

5.5 INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En el proceso de calificación del edificio se evalúan los indicadores de eficiencia energética para los 5 conceptos siguientes:

- ◆ Demanda de calefacción.
- ◆ Demanda de refrigeración.
- ◆ Climatización.
- ◆ Agua caliente sanitaria (A.C.S.)
- ◆ Iluminación.

Cada uno de estos indicadores es el resultado de dividir las emisiones de CO₂ (climatización, A.C.S. e iluminación) o la demanda (calefacción y refrigeración) que producen cada uno de los conceptos anteriores del edificio objeto (edificio definido por el usuario) y las emisiones de CO₂ o la demanda del edificio de referencia (generado de forma automática por el programa CALENER a partir del edificio objeto). De este modo, si para alguno de los conceptos citados, el indicador energético es la unidad, denota que el edificio objeto genera las mismas emisiones o la misma demanda que el edificio de referencia para dicho concepto. Igualmente, un indicador con valor inferior a uno, otorga al edificio objeto unas emisiones de CO₂ o una demanda inferiores a las del edificio de referencia.

La formulación matemática de cada uno de estos indicadores se puede expresar, en general, como

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Demanda / Emisiones CO}_2 \text{ EDIFICIO OBJETO}}{\text{Demanda / Emisiones CO}_2 \text{ EDIFICIO REFERENCIA}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Indicador} < 1 \text{ edificio objeto más eficiente que edificio de referencia} \\ \text{Indicador} > 1 \text{ edificio objeto menos eficiente que edificio de referencia} \end{array} \right.$$

A continuación se va a describir la formulación en la que se basa CALENER_GT para el cálculo de la demanda y de las emisiones, para el edificio de referencia, de cada uno de los conceptos anteriores.

5.5.1 DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y DE REFRIGERACIÓN

Para obtener las demandas de referencia de calefacción $D_{calef,ref}$ y refrigeración $D_{refri,ref}$, el programa modifica la calidad constructiva de los cerramientos y ventanas del edificio objeto para que cumplan con la exigencia básica HE-1 del CTE. Por otro lado, el programa cambia el tipo de todos los sistemas secundarios, definiéndolos como sistemas ideales. Una vez realizadas estas operaciones, se obtiene la demanda por adición de la demanda de cada uno de los sistemas.

5.5.2 EMISIONES DE CLIMATIZACIÓN

Las emisiones de referencia de calefacción y refrigeración, se obtienen según las siguientes expresiones:

$$E_{calef,ref} [KgCO_2] = D_{calef,ref} \frac{1}{\eta_{calef,ref}} c_{CO_2} [KgCO_2 / KWh]$$

$$E_{refri,ref} [KgCO_2] = D_{refri,ref} \frac{1}{\eta_{refri,ref}} c_{CO_2} [KgCO_2 / KWh]$$

$D_{calef,ref}$ y $D_{refri,ref}$ [KW · h] son las demandas de calefacción y de refrigeración

$\eta_{calef,ref}$ y $\eta_{refri,ref}$ son los rendimientos medios estacionales de calefacción y de refrigeración

c_{CO_2} [KgCO₂ / KWh] es el coeficiente de paso a energía primaria

Para el cálculo se supone un rendimiento medio estacional para calefacción de 1,7 y para refrigeración de 0,7. Como energías primarias se toma la electricidad para la refrigeración y el gasóleo para la calefacción.

5.5.3 EMISIONES DE A.C.S.

Las emisiones de referencia de A.C.S se obtienen mediante la expresión:

$$E_{ACS,ref} [KgCO_2] = D_{ACS} \frac{1}{\eta_{ACS,ref}} c_{CO_2} [KgCO_2 / KWh]$$

Como demanda de referencia de A.C.S. en KWh, se toma misma que la del edificio objeto. A dicha demanda, habrá que sustraerle el porcentaje de A.C.S. proveniente de paneles solares.

5.5.4 EMISIONES DE ILUMINACIÓN

Las emisiones de referencia totales de iluminación se calculan según la siguiente expresión:

$$E_{ilum,ref} [KgCO_2] = C_{ilum,ref} \cdot c_{CO_2} [KgCO_2 / KWh]$$

El consumo de referencia total de iluminación en el edificio se obtiene multiplicando el área total por la potencia eléctrica instalada por unidad de área, esto es:

$$C = \sum_{\text{espacios}} P_{ilum} \cdot S \cdot t \quad \text{siendo:}$$

$P_{ilum} [W / m^2]$ la potencia instalada por unidad de área de cada espacio

$S [m^2]$ el área total de los espacios iluminados

$t [h]$ el tiempo de funcionamiento de las luminarias en cada espacio

La potencia por unidad de área P_{ilum} se calcula considerando que el edificio objeto y el edificio de referencia tienen el mismo nivel lumínico punta. Por otro lado, el valor de eficiencia energética de la iluminación $VEEI_{ref}$ es el que marque la tabla de valores límite que se establece en el HE-3 del CTE y será introducido por el usuario (recuérdese la sección 3.4.1 del capítulo 3).

$$\left. \begin{aligned} E_{ilum} &= \frac{P_{ilum} \cdot 100}{VEEI} \\ E_{ilum,ref} &= \frac{P_{ilum,ref} \cdot 100}{VEEI_{ref}} \end{aligned} \right\} E_{ilum} = E_{ilum,ref} \rightarrow P_{ilum,ref} = P_{ilum} \cdot \frac{VEEI_{ref}}{VEEI}$$

Es importante comentar que el horario de control de la iluminación para el edificio de referencia es el mismo que el del edificio objeto y el tipo de **luminaria de referencia** es de tipo "fluorescente no ventilada".

5.5.5 COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE EMISIONES

Los coeficientes que emplea CALENER_GT para evaluar la energía primaria y las emisiones de CO₂ a partir de la energía consumida en el edificio forman parte de su base de datos y no se pueden modificar.

Tipo de energía	Coefficientes de paso a energía primaria (kWh/kWh)	Coefficiente de paso a emisiones (kg CO ₂ /kWh)
Carbón de uso doméstico	1,000	0,347
GLP	1,081	0,244
Gasóleo	1,081	0,287
Fueloil	1,081	0,28
Gas Natural	1,011	0,204
Biomasa y biocarburantes*	1,000	0,00
Electricidad	2,603 (peninsular) 3,347 (extra-peninsular) **	0,649 (peninsular) 0,981 (extra-peninsular) **

* Para la biomasa, el biogás y los biocarburantes, se considera un saldo neutro, realizando la hipótesis de que las emisiones de CO₂ en el proceso de combustión se compensan con la absorción de este gas durante la fase de crecimiento vegetal.
** Extra-peninsular: Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla.

Tabla 5.16. Coeficientes de conversión a energía primaria y de paso a emisiones de CO₂.

En el caso de la electricidad, el coeficiente de paso a energía primaria refleja el gasto de energía primaria en KWht (Kilovatios térmicos) que se necesita en la central térmica de producción eléctrica para que se disponga en el edificio de una cierta energía en KWhe (Kilovatios eléctricos). Por consiguiente, se deduce que los rendimientos medios empleados por CALENER_GT para las centrales de producción eléctrica en España son 0.384 para centrales peninsulares y 0.299 para centrales extra-peninsulares (los inversos de los coeficientes de paso a energía primaria).

Supóngase que el edificio tiene una demanda de X (KWhe), para obtener las emisiones asociadas a dicha demanda se debe realiza la operación:

$$E [KgCO_2] = X \cdot c_1 \cdot c_2$$

Donde c_1 y c_2 son los coeficientes de paso a energía primaria y de paso a emisiones de CO₂ respectivamente; para el tipo de energía correspondiente.

5.5.6 CLASES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El programa CALENER_GT, de acuerdo a lo establecido en el anexo II del Real decreto 47/2007 establece 7 categorías de eficiencia, representadas con su letra correspondiente desde la A a la G, dependiendo del valor que resulte para el indicador de emisiones totales. Además, el programa establece una etiqueta para cada uno de los conceptos mencionados anteriormente.

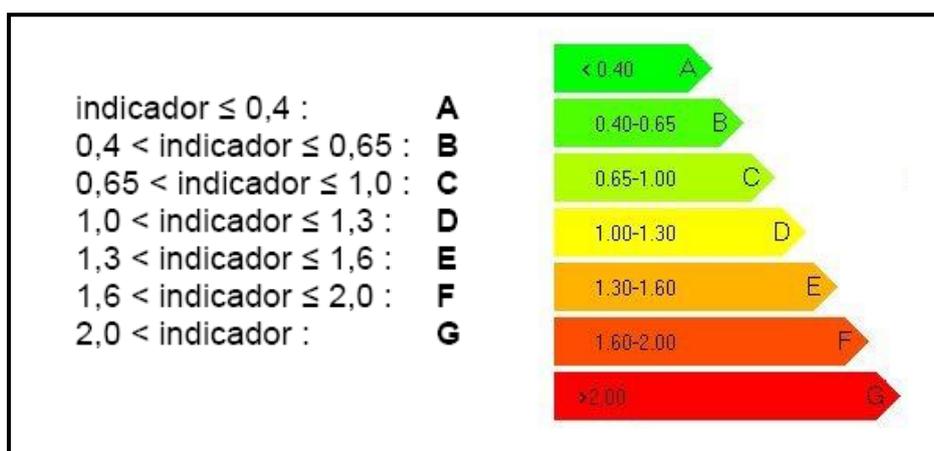


Figura 5.13. Clases de eficiencia energética

Los edificios de clase A son los más eficientes, con un ahorro mínimo de un 60% respecto al edificio de referencia (edificio que cumple con las especificaciones del CTE), le siguen los edificios de clase B con un ahorro mínimo de un 35% sobre el edificio de referencia.

La finalidad de la calificación es lograr que el edificio objeto tenga una demanda y unas emisiones que como mínimo cumplan con la normativa establecida, esto es, que la clase del edificio sea C o inferior. En los casos en que la calificación obtenida sea D o superior, se deben plantear mejoras sobre el aislamiento y sobre los sistemas de producción y distribución de energía para lograr reducir las emisiones del edificio objeto.

5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN

5.6.1 ETIQUETAS

El resultado principal para El Corte Inglés de Albacete muestra el índice total de emisiones de CO₂, con en que se otorga la clase de eficiencia energética al edificio, que resulta ser de **clase D**, con un índice global de **1.19**:

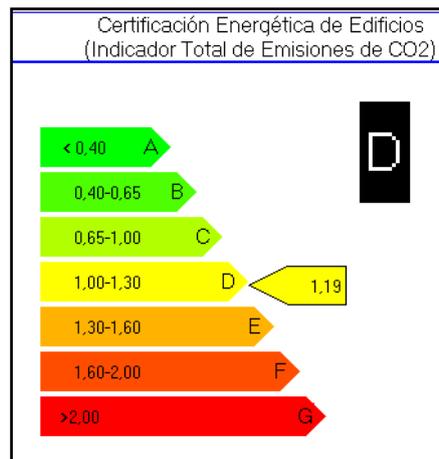


Figura 5.14. Etiqueta global de eficiencia energética ECI de Albacete

Como ya se ha explicado, esto significa que la eficiencia energética del edificio en conjunto está por debajo de la que tendría el mismo edificio si cumpliera con todas las exigencias del CTE (incluidas las del RITE).

La calificación obtenida, desglosada para cada uno de los conceptos que tiene en cuenta el programa, es la siguiente:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS				
Indicadores	OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción: (kWh/m ²)	20,3	7,0	2,89	G
Demanda Refrigeración: (kWh/m ²)	221,3	229,9	0,96	C
Climatización: (Tn CO ₂ /m ²)	70,0	42,9	1,63	F
Agua Caliente Sanitaria: (Tn CO ₂ /m ²)	0,0	0,0	0,00	A
Iluminación: (Tn CO ₂ /m ²)	85,7	88,5	0,97	C
Total: (Tn CO₂/m²)	155,8	131,4	1,19	D

Tabla 5.17. Indicadores de eficiencia energética

La peor calificación que se ha obtenido es la de demanda de calefacción. El indicador es 2.89 que corresponde a una clase G, muy por encima de lo permitido por la normativa. Otro concepto que se debe mejorar es el de climatización, pues como se ve su indicador es 1.63 que corresponde a una clase F. En lo que respecta a demanda de refrigeración y a emisiones por iluminación el edificio es ligeramente más eficiente que el de referencia.

A pesar de que el indicador de demanda de calefacción es muy elevado, se debe tener en cuenta que la demanda (los kwh/m²) de calefacción es muy pequeña en comparación con la demanda de refrigeración. En concreto, la demanda de refrigeración es del orden de diez veces la demanda de calefacción, por lo que para mejorar la eficiencia global del edificio serán más eficaces las medidas que afecten directamente a la demanda de refrigeración del edificio.

5.6.2 INFORMES MENSUALES

La herramienta de resultados del programa permite obtener multitud de gráficos que ayudan a caracterizar el edificio desde el punto de vista energético.

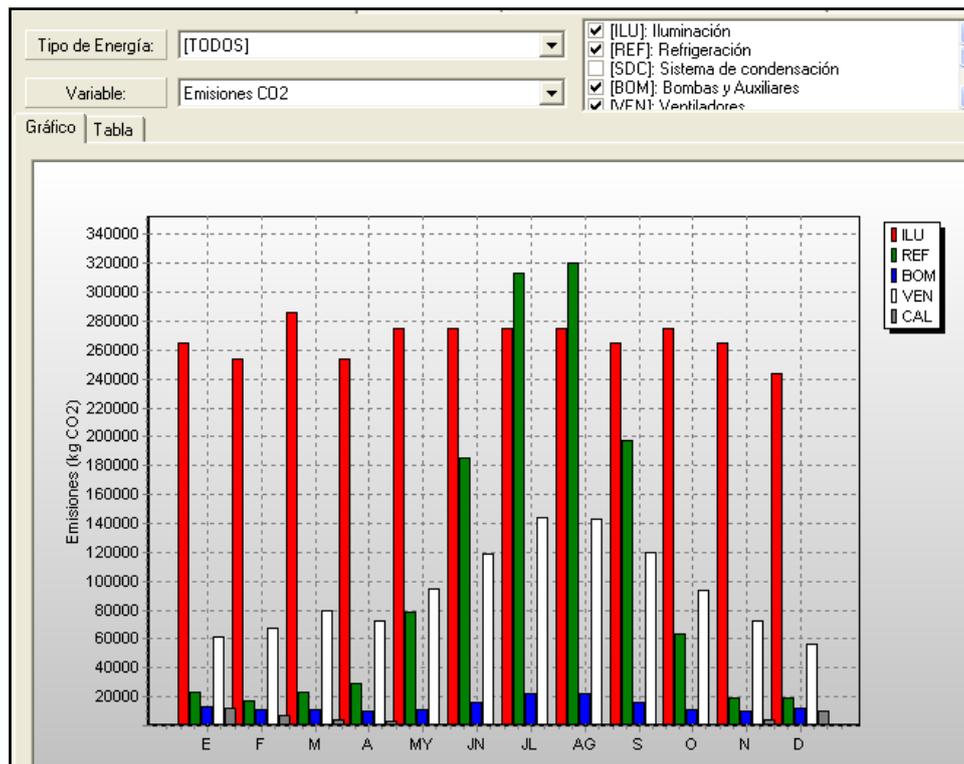
Para generar el gráfico, en la primera pestaña desplegable se elige el tipo o fuente de energía que se quiere considerar. Se ofrecen 8 posibilidades: electricidad, gas natural, gasóleo, fuel-oil, carbón, GLP, biomasa y TODOS.

En la segunda pestaña se selecciona el concepto que se quiere representar en el gráfico (eje de ordenadas). Las posibilidades son tres: Emisiones de CO₂ en Kg CO₂, Energía primaria en KWh y Energía final en KWh.

Por último se marcan las distintas series de datos que se quieren representar, seleccionado los conceptos que aparecen en la parte derecha: ILU (Iluminación), REF (refrigeración), SDC (sistema de condensación), BOM ó BYA (bombas y auxiliares), VENT (ventiladores), CAL (calefacción) y ACS (agua caliente sanitaria).

Para realizar una primera valoración de las emisiones se selecciona como tipo de energía "TODOS" y como variable "Emisiones de CO₂". Se marcan todos los conceptos posibles para el edificio.

El gráfico resultante se muestra a continuación:



Gráfica 5.4. Emisiones de CO₂ de ECI de Albacete en Kg CO₂

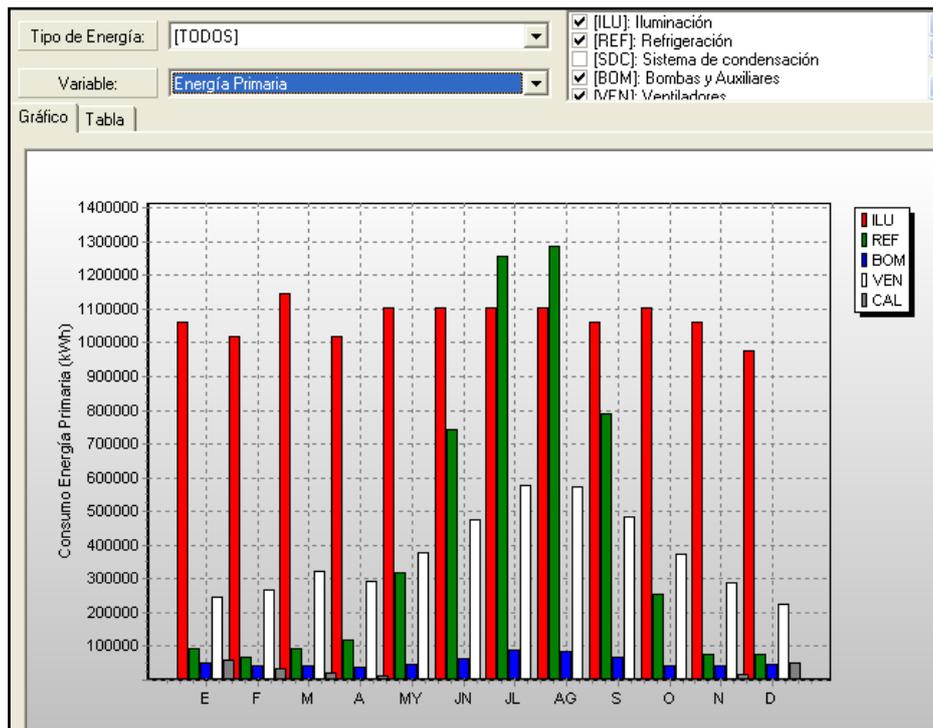
Como se aprecia en el gráfico las mayores emisiones se deben a los sistemas de iluminación (color rojo) y a los sistemas de refrigeración (color verde). Los valores pico se producen por refrigeración en los meses de julio y agosto. Las emisiones causadas por los equipos de bombeo y sobre todo las debidas al sistema de calefacción son significativamente inferiores a las del resto de los sistemas.

Se pueden obtener los valores exactos a través de pestaña "tabla". Los resultados muestran que las emisiones totales del edificio son de **5828,57 Tn CO₂ por año** que se reparten de la siguiente manera:

- 3207,42 Tn CO₂ por Iluminación (55.0%)
- 1290,42 Tn CO₂ por Refrigeración (22.1%)
- 164.78 Tn CO₂ por bombas más equipos auxiliares (2.8%)
- 1124.00 Tn CO₂ por ventiladores (19.3%)
- 41.93 Tn CO₂ por calefacción (0.8%)

Estos resultados indican claramente lo que ya se había apuntado, las emisiones debidas a calefacción son prácticamente despreciables en relación a los demás conceptos.

Como se vio con anterioridad (véase 5.5.5) la energía primaria (equivalente de energía primaria en origen de la energía final que consume el edificio) es proporcional a las emisiones del edificio. Esto se refleja en el gráfico obtenido al marcar como variable "Energía primaria":



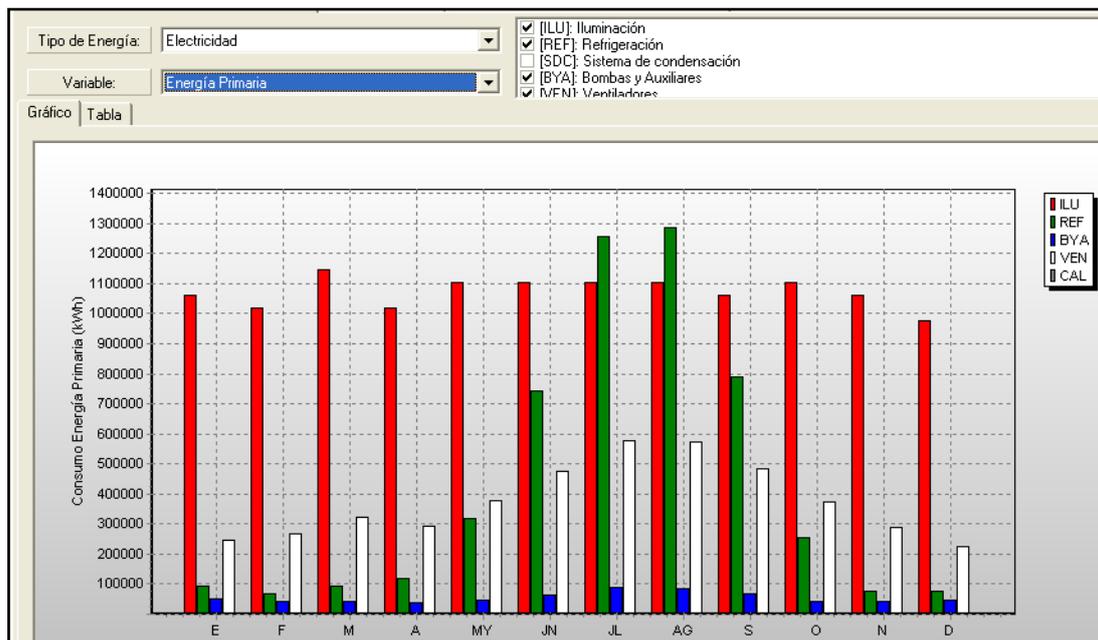
Gráfica 5.5. Consumo de energía primaria de ECI de Albacete en KWh

Dela misma forma que para las emisiones, se pueden obtener los valores exactos a través de pestaña "tabla" .Los resultados muestran que el consumo de energía primaria total del edificio es de **23.416,11 MWh por año** que se reparten de la siguiente manera:

- 12864,24 MWh por Iluminación (55.0%)
- 5175,60 MWh por Refrigeración (22.1%)
- 660,92 MWh por bombas más equipos auxiliares (2.8%)
- 4508,15 MWh por ventiladores (19.3%)
- 207,20 MWh por calefacción (0.8%)

Cabe destacar la tendencia anual ascendente-descendente de energía debida a los ventiladores (color blanco) que resulta muy similar a la desarrollada por la energía debida al sistema de refrigeración. Esto podría indicar la existencia de alguna correlación entre ambos equipos.

Para indagar un poco más acerca de cuál es la fuente de energía que consume mayoritariamente el edificio, se selecciona como tipo de energía "electricidad" y como variable "energía primaria".



Gráfica 5.6. Energía primaria de tipo eléctrico

Como se muestra en el gráfico, todos los sistemas del edificio (refrigeración, iluminación, ventiladores, etc.), a excepción de la calefacción, tienen como única fuente de energía primaria la electricidad.

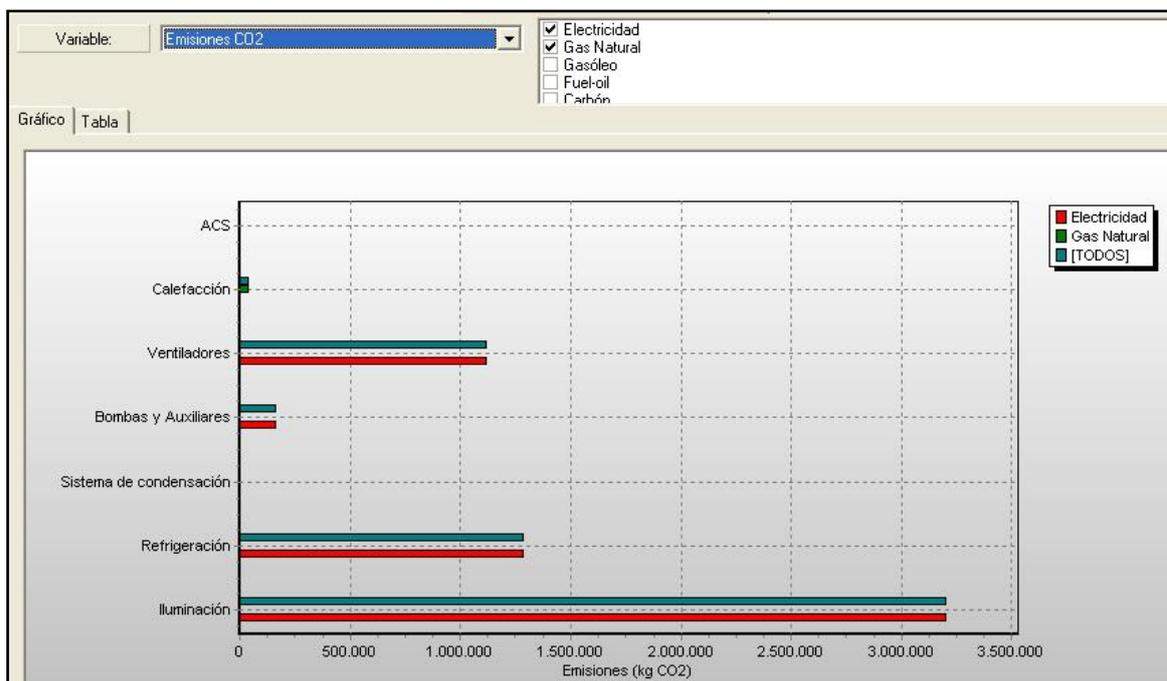
Resulta sorprendente el elevado consumo de los ventiladores de los sistemas de distribución de aire.

La calefacción emplea como fuente de energía primaria el gas natural y debido a esto no aparece reflejada en el gráfico.

5.6.3 INFORMES ANUALES

En el gráfico de emisiones anuales, se resume toda la información anteriormente explicada. En lado derecho aparecen las fuentes de energía que se emplean en el edificio (Gas natural, Electricidad y TODOS). Excluyendo a la calefacción, La barra azul coincide con la roja para todos los equipos lo que indica que solo emplean Electricidad para funcionar.

La iluminación es el sistema que mayores emisiones de CO₂ produce, con más de la mitad de las emisiones totales generadas por el edificio. Resulta sorprendente el alto porcentaje de emisiones asociado a los ventiladores.



Gráfica 5.7. Emisiones anuales de CO₂ de ECI de Albacete

A continuación se presentan los resultados tabulados del gráfico anterior

Emisiones (kg CO2)			
	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
Iluminación	3207418,8	0,0	3207418,8
Refrigeración	1290423,8	0,0	1290423,9
Sistema de condensación	0,0	0,0	0,0
Bombas y Auxiliares	164785,6	0,0	164785,5
Ventiladores	1124007,1	0,0	1124007,4
Calefacción	622,6	41305,7	41928,3
ACS	0,0	0,0	0,0
TOTAL	5787257,5	41305,7	5828564,0

Tabla 5.18. Fuentes de energía de ECI de Albacete

El informe de la calificación obtenido se muestra en el **anexo 2** al final de la presente memoria. En dicho informe se resumen todos los datos incluidos en la definición de los sistemas y equipos así como los datos para la definición geométrica y constructiva del edificio.

5.7 EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS SOBRE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

5.7.1 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS LUMINARIAS

Para actuar sobre la eficiencia energética de las luminarias se debe modificar el parámetro principal que se define en el HE-3, es decir, el valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación VEEI.

El objetivo es conocer qué efecto tiene sobre la calificación global y sobre cada uno de los conceptos evaluados en el edificio, una reducción progresiva del VEEI. Partiendo del VEEI original propuesto para el inmueble de 6 W/m²100lux (valor que coincide con el valor límite de la normativa), se han realizado distintas calificaciones disminuyendo progresivamente el VEEI de los espacios alcanzando una reducción máxima de 3 puntos (VEEI =3).

Es importante tener en cuenta que la reducción del VEEI puede hacerse manteniendo constante la potencia de iluminación por unidad de área, pero esto obligaría a incrementar la iluminancia media mantenida en el espacio considerado, con lo que el consumo de las luminarias podría no descender. Por consiguiente, dado que el objetivo fundamental es reducir el consumo por iluminación, se ha optado por mantener el valor de la iluminancia media mantenida en todos los espacios, que como ya se indicó es de 500lux, disminuyendo la potencia por unidad de área de las luminarias desde los 30w/m² iniciales hasta los 15 w/m² que corresponden a un VEEI de 3. El par de valores (potencia, VEEI) siempre debe mantener la iluminancia media en 500 lux:

$$E_m = \frac{P_{ilum} \cdot 100}{VEEI} = 500 \text{ [lux]}$$

La reducción se ha realizado a intervalos regulares de medio punto sobre el VEEI inicial:

Pilum[W/m²]	Em [lux]	VEEI [W/m²*100lux]
15	500	3
17,5	500	3,5
20	500	4
22,5	500	4,5
25	500	5
27,5	500	5,5
30	500	6

Tabla 5.19. Valores de potencia por unidad de área y VEEI de los espacios

Los índices obtenidos en cada uno de los casos se resumen en las siguientes tablas:

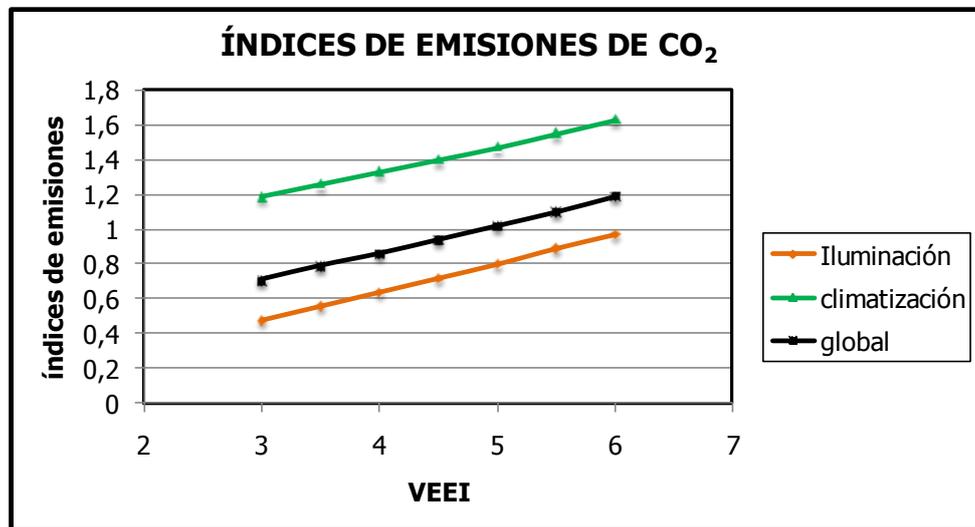
VEEI [W/m²*100lux]	Iluminación	refrigeración
3	0,48	0,71
3,5	0,56	0,75
4	0,64	0,79
4,5	0,72	0,84
5	0,8	0,88
5,5	0,89	0,92
6	0,97	0,96

Tabla 5.20. Índices de iluminación y refrigeración

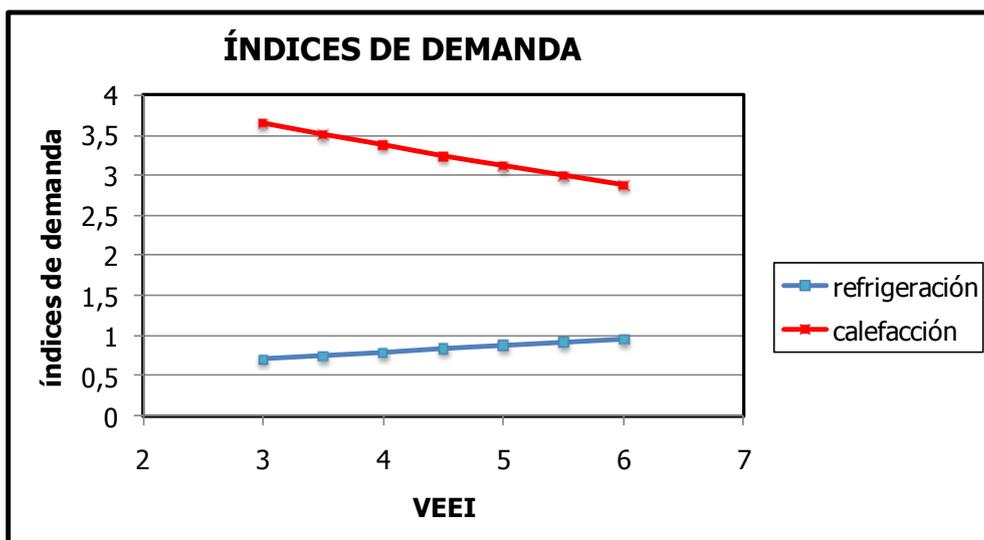
VEEI [W/m ² *100lux]	climatización	calefacción	global
3	1,19	3,66	0,71
3,5	1,26	3,52	0,79
4	1,33	3,39	0,86
4,5	1,4	3,25	0,94
5	1,47	3,13	1,02
5,5	1,55	3,01	1,1
6	1,63	2,89	1,19

Tabla 5.21. Índices de climatización, calefacción y global

Los resultados anteriores se han agrupado en dos gráficos que muestran la tendencia seguida por los índices de emisiones y de demanda del edificio frente a variaciones del VEEI:



Gráfica 5.8. Variación de los índices de emisiones de CO₂ el con VEEI



Gráfica 5.9. Variación de los índices de demanda con el VEEI

Lo primero que es importante destacar es que la disminución del VEEI no afecta únicamente al índice de emisiones de iluminación como se podría pensar a priori. Como refleja la gráfica 5.8 un descenso del VEEI produce una disminución de las emisiones debidas a climatización. La explicación se encuentra reflejada en la gráfica 5.9, en la que se muestra que la demanda de refrigeración desciende a medida que las luminarias son más eficientes. Al disminuir el VEEI, se está aumentando la eficacia luminosa o rendimiento luminoso η de las luminarias de forma que emiten menos calor con lo que disminuye la carga interna de iluminación del edificio así como la demanda de refrigeración. Lógicamente, con la demanda de calefacción ocurre el efecto contrario, esto es, aumenta a medida que desciende el VEEI.

Según se vio en 5.5.2, el índice de emisiones de climatización se basa tanto en la demanda de refrigeración como en la de calefacción. Un descenso del VEEI provoca una disminución del índice de emisiones de refrigeración y un aumento del índice de emisiones de calefacción, por tanto, el hecho de que el índice de emisiones de climatización ascienda o descienda dependerá de la proporción relativa de demanda refrigeración/calefacción que se tenga en el edificio. En este caso, como muestran los resultados de la calificación, la demanda de refrigeración es muy superior a la de calefacción, motivo por el cual el índice de climatización disminuye al reducir el VEEI.

En cuanto al índice global, se ha logrado reducir desde 1.19 hasta 0.71, pasando de una clase D a una clase C con una **reducción de un 40%** de las

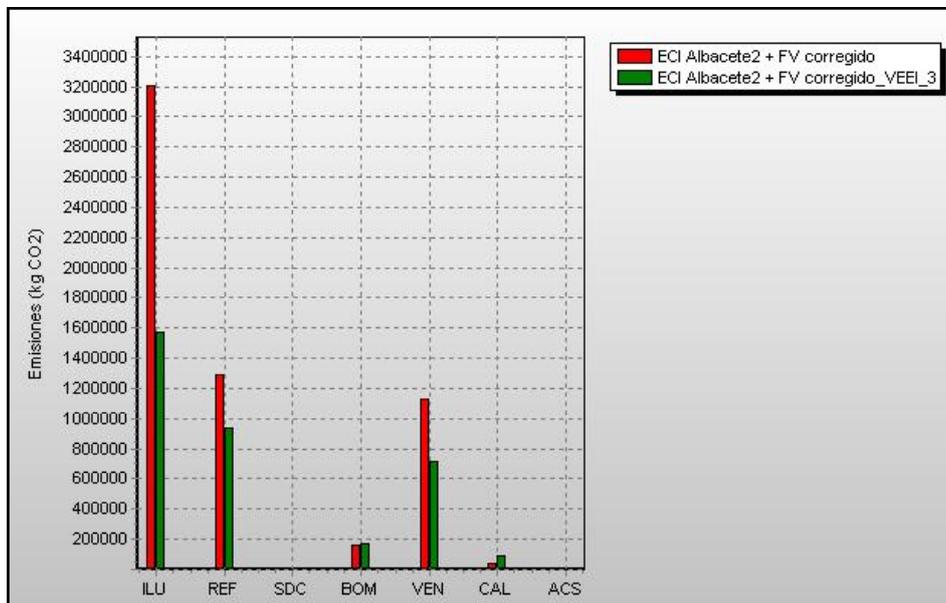
emisiones respecto al edificio con VEEI=6 y de un **30% respecto a las del edificio de referencia.**

Una instalación de iluminación con VEEI<4.5 es suficiente para que el edificio se etiquete como clase C.

VEEI [W/m ² *100lux]	global	Etiqueta
3	0,71	C
3,5	0,79	C
4	0,86	C
4,5	0,94	C
5	1,02	D
5,5	1,1	D
6	1,19	D

Tabla 5.22. Índices y etiquetas globales tras la reducción del VEEI

A través de la herramienta de resultados del programa, se pueden obtener los datos de las emisiones de CO₂ generadas y de la energía consumida anualmente por el edificio con los sistemas originales y con los sistemas más eficientes:



Gráfica 5.10. Comparativa emisiones anuales de CO₂ del centro con VEEI=6 y con VEEI =3

	ECI Albacete2 + FV corregido	ECI Albacete2 + FV corregido_VEEI_3
Iluminación	3207418,8	1576983,3
Refrigeración	1290423,9	941931,9
Sistema de condensación	0,0	0,0
Bombas y Auxiliares	164785,5	168289,6
Ventiladores	1124007,4	713786,8
Calefacción	41928,3	88697,4
ACS	0,0	0,0
TOTAL	5828564,0	3489689,0

Tabla 5.23. Comparativa anual de emisiones de CO₂ del edificio con VEEI = 6 y con VEEI =3

Según se muestra en la tabla anterior, las emisiones totales han pasado de las 5828,57 a 3489,69 Tn CO₂ por año, resultando una reducción de un 2338,88 Tn CO₂. Efectivamente, como indica el índice global, esto corresponde a una reducción del 40% de las emisiones de CO₂ en relación al edificio con VEEI =6.

5.7.2 EFECTO DEL EER DE LAS PLANTAS ENFRIADORAS

Uno de los parámetros más importantes de las plantas enfriadoras es el coeficiente de eficiencia energética CEE o radio de eficiencia energética EER (Energy Efficiency Ratio). Este parámetro es equivalente al coeficiente de operación (Coefficient of Performance, COP) de una bomba de calor. El EER de la enfriadora indica cuantos Kilovatios de frío es capaz de proporcionar la planta en relación a los Kilovatios eléctricos que consume, por tanto **cuanto mayor sea el EER, más eficiente será la enfriadora.**

Para conocer la influencia que tiene este parámetro sobre los índices de eficiencia energética se han realizado cinco calificaciones manteniendo todos los parámetros con los valores originales y aumentando progresivamente el EER de las plantas pasando de un EER=2.6 a un EER=3.8. Valores superiores a 3.8 son muy difíciles de alcanzar con enfriadoras condensadas por aire aunque sí pueden alcanzarse con plantas condensadas por agua.

Los índices obtenidos para cada caso son los siguientes:

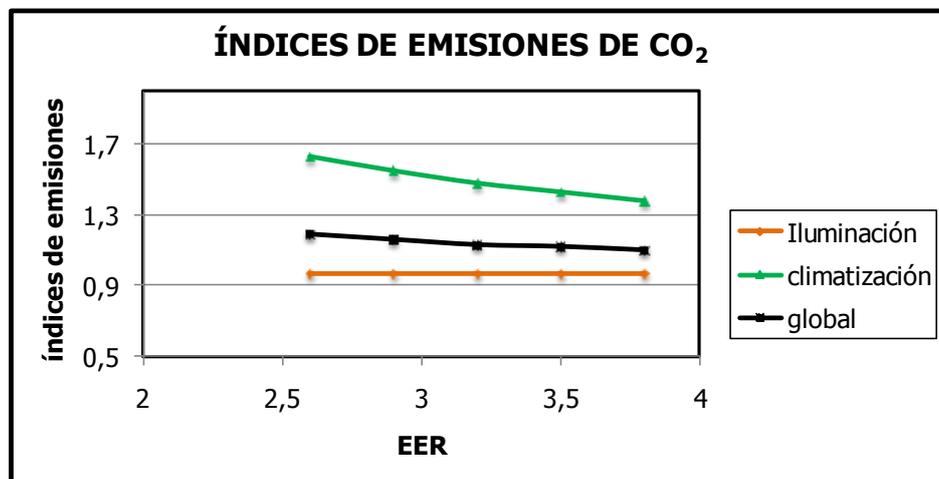
EER	Iluminación	refrigeración
2,6	0,97	0,96
2,9	0,97	0,96
3,2	0,97	0,96
3,5	0,97	0,96
3,8	0,97	0,96

Tabla 5.24. Índices de iluminación y de refrigeración

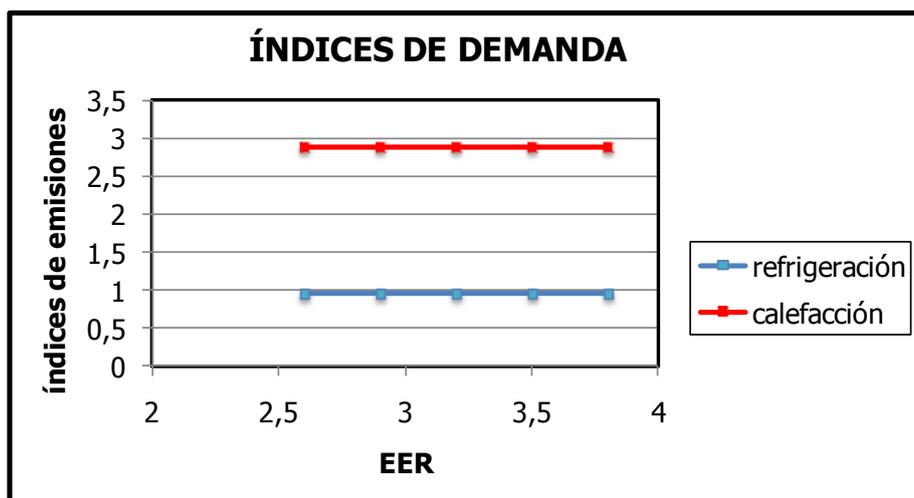
EER	climatización	calefacción	global
2,6	1,63	2,89	1,19
2,9	1,55	2,89	1,16
3,2	1,48	2,89	1,13
3,5	1,43	2,89	1,12
3,8	1,38	2,89	1,10

Tabla 5.25. Índices de climatización, calefacción y global

Para visualizar mejor los resultados se presentan las siguientes gráficas que muestran la evolución de los índices al ir aumentando el EER.



Gráfica 5.11. Variación de los índices de emisiones de CO₂ con el EER



Gráfica 5.12. Variación de los índices de demanda con el EER

En este caso se observa que el EER sólo afecta al índice de emisiones de climatización. La reducción de las emisiones totales máxima obtenida no alcanza el 8% sobre el edificio con EER=2.6.

Los índices de demanda y el índice de emisiones por iluminación permanecen invariables reflejo de que el cambio sobre el EER no ha cambiado estos conceptos en el edificio objeto en relación a los del edificio de referencia.

La disminución del índice de emisiones global de 1.19 a 1.10 no logra cambiar la etiqueta del edificio manteniéndose en clase D.

EER	global	Etiqueta
2,6	1,19	D
2,9	1,16	D
3,2	1,13	D
3,5	1,12	D
3,8	1,10	D

Tabla 5.26. Índices y etiquetas globales tras el aumento del EER

5.7.3 EFECTO DEL TIPO DE CONTROL DE LOS VENTILADORES

Como se comentó en los resultados de la calificación, el consumo asociado a los ventiladores de las unidades de tratamiento de aire es muy elevado. Lo que se pretende evaluar en este punto es si esto es debido al tipo de control de caudal que se emplee en los ventiladores y analizar si es posible mejorar la calificación actuando sobre dicho control. Es necesario comentar que el

programa supone que el control es el mismo para el ventilador de impulsión y el de retorno.

Se han realizado cuatro calificaciones del edificio manteniendo todos los parámetros con los valores originales.

En la primera calificación se ha modificado el tipo de sistema marcando "sistema todo aire caudal constante" con tipo de control constante.

En las tres siguientes se ha mantenido el tipo de sistema "todo aire caudal variable" y se han evaluado las tres posibilidades para el tipo de control de caudal de los ventiladores: variable, álabes en entrada y compuerta de descarga.

Cuando se impone un control constante, en realidad no existe control sobre el caudal del ventilador, pues es siempre el mismo y no se necesita ningún tipo de regulador.

Si se selecciona control mediante álabes en entrada, el control se logra mediante unos álabes guía situados en la sección de entrada del ventilador.

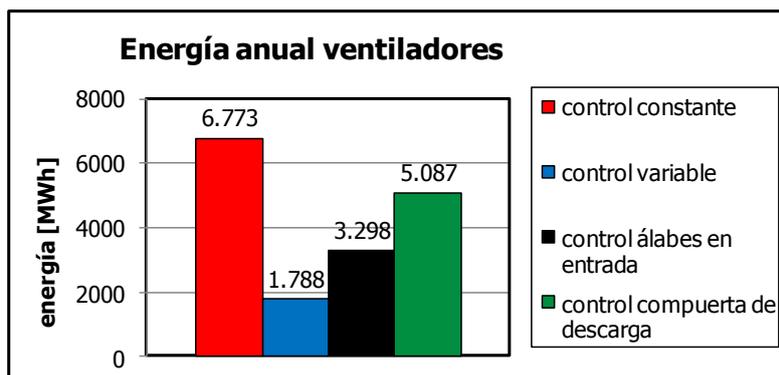
En el caso de seleccionar control por compuertas en descarga, el control se consigue variando la posición de unas compuertas colocadas en la sección de salida del ventilador.

Por último, cuando se selecciona control por velocidad variable, el control actúa sobre la velocidad de giro del motor eléctrico, el cual a su vez modifica la velocidad de giro de las aspas del ventilador.

Los resultados obtenidos para el consumo final de energía de los ventiladores son los siguientes:

sistema	Control	Energía final anual [Mwh]
caudal constante	constante	6772,93
caudal variable	variable	1788,07
caudal variable	álabes en entrada	3297,75
caudal variable	compuerta de descarga	5086,6

Tabla 5.27. Energía final anual consumida por los ventiladores según los tipos de control



Gráfica 5.13. Energía final anual consumida por los ventiladores

Los ventiladores funcionan de forma más eficiente si incluyen un sistema de control de caudal variable que regula la velocidad de giro del motor eléctrico.

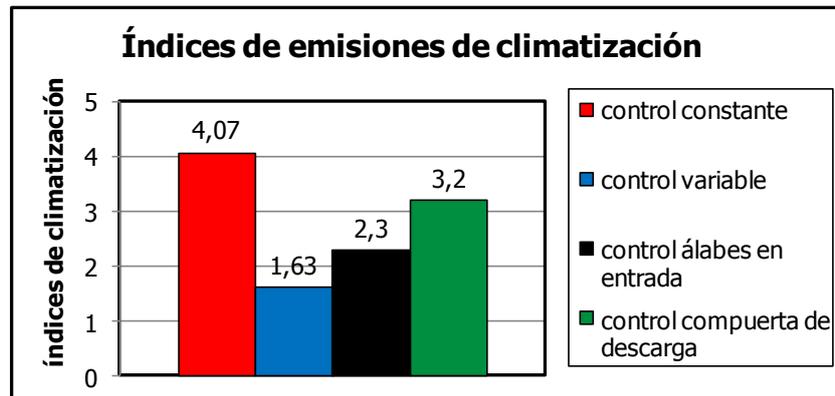
Se debe evitar siempre que sea posible el empleo de los sistemas de control constante pues como muestran los resultados, al estar siempre en funcionamiento, los ventiladores consumen mucha más energía.

Con respecto a los índices, los resultados demuestran que tanto los índices de demanda como el índice de emisiones de iluminación permanecen invariables. Para el índice de climatización y el índice global los resultados son los siguientes:

sistema	Control	climatización	global
caudal constante	constante	4,07	1,99
caudal variable	variable	1,63	1,19
caudal variable	álabes en entrada	2,30	1,41
caudal variable	compuerta de descarga	3,20	1,69

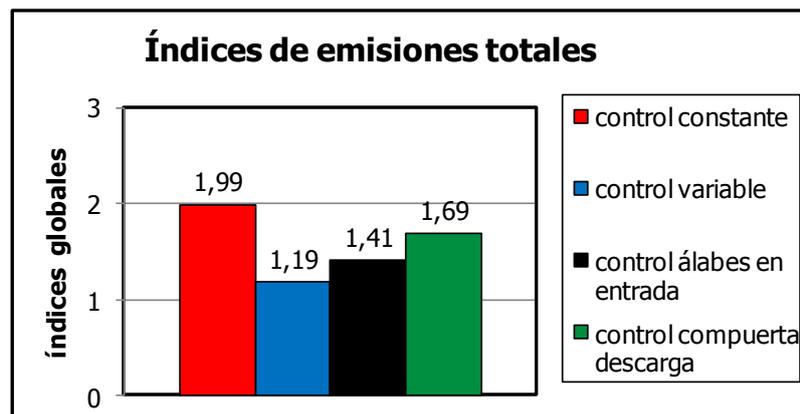
Tabla 5.28. Índices de climatización y global para los distintos tipos de control de los ventiladores

Los índices de emisiones de climatización deben reflejar el consumo de los ventiladores puesto que el resto de parámetros se ha mantenido constante. Efectivamente así queda plasmado en los resultados obtenidos:



Gráfica 5.14. Índices de emisiones de climatización según tipo de control

En definitiva, el índice global de emisiones de CO₂ del edificio es mejor si los ventiladores cuentan con un sistema de control de caudal variable.



Gráfica 5.15. Índices de emisiones globales según tipo de control

5.7.4 EFECTO SIMULTÁNEO DE EER Y EL VEEI

A la vista de los datos obtenidos tras modificar el EER de las enfriadoras y el VEEI del sistema de iluminación, resulta interesante ver cuál es la mejora que se obtiene sobre las emisiones totales modificando simultáneamente el valor de ambos parámetros.

Según los resultados anteriores, es obvio que las menores emisiones se alcanzarán para VEEI = 3 y EER = 3.8.

Los índices parciales obtenidos tras la calificación son los siguientes:

VEEI = 3 y EER = 3,8			
Iluminación	refrigeración	climatización	calefacción
0,47	0,71	1	3,66

Tabla 5.29. Índices parciales de emisiones

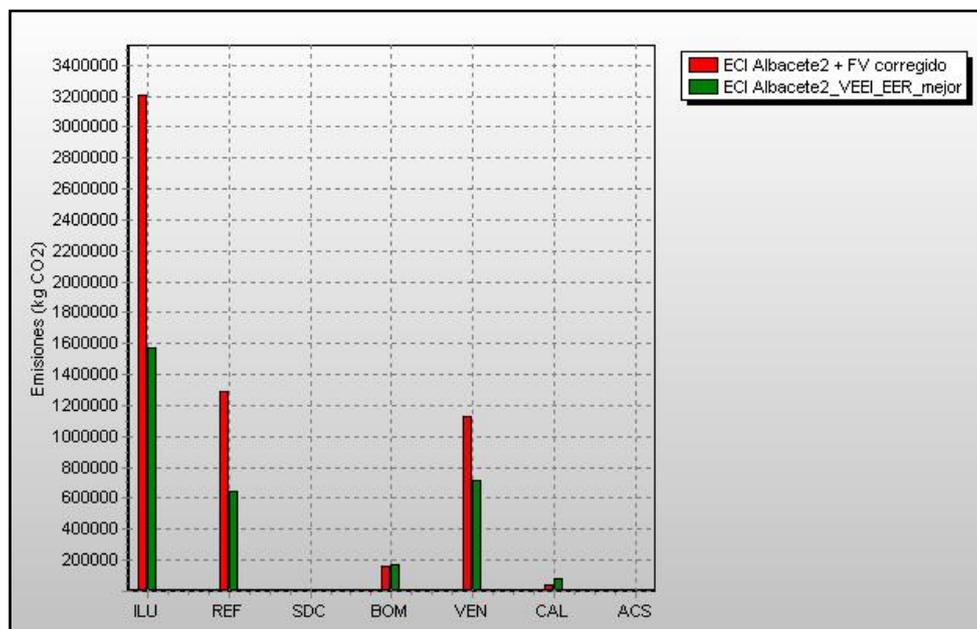
El índice global y la etiqueta correspondiente obtenidos tras la calificación son los siguientes:

VEEI = 3 y EER = 3,8	
global	Etiqueta
0,65	B

Tabla 5.30. Índice global y etiqueta

El índice global se ha logrado reducir desde 1.19 hasta 0.65, mejorando la etiqueta hasta alcanzar el límite superior de la clase B. La **reducción alcanzada es de un 45%** de las emisiones respecto al edificio con VEEI=6 y EER = 2.6 y de un **35% respecto a las del edificio de referencia.**

A continuación se analiza con más detalle la mejora sobre las emisiones de CO₂ y la energía demandada por el centro que se ha conseguido con las medidas tomadas.



Gráfica 5.16. Comparativa emisiones anuales totales para cada uno de los sistemas del edificio

Las emisiones totales han pasado de 5828,57 Tn CO₂ por año a 3171,95 Tn CO₂ por año. La variación experimentada por cada uno de los sistemas del edificio es la siguiente:

	Emisiones [Tn CO ₂]		reducción %
	edificio original	Edificio VEEI =3 EER =3,8	
Iluminación	3207,42	1571,35	51
Refrigeración	1290,42	642,18	50
Bombas y e. auxiliares	164,78	167,69	-2
Ventiladores	1124	711,24	37
Calefacción	41,93	79,5	-90

Tabla 5.31. Comparativa emisiones de CO₂

Los porcentajes con valor negativo (bombas y equipos auxiliares y calefacción) se deben a que en esos sistemas el edificio ha aumentado sus emisiones contaminantes.

En cuanto a la energía primaria total, ha pasado de 23416,10 MWh por año a 12795,88 MWh por año, alcanzándose una reducción global de 10620,22 MWh lo que supone un ahorro del 45% de la energía requerida por el centro.

La variación experimentada por cada uno de los sistemas del edificio es la siguiente:

	Energía primaria [MWh]		reducción %
	edificio original	Edificio VEEI =3 EER =3,8	
Iluminación	12864,24	6302,34	51
Refrigeración	5175,6	2575,63	50
Bombas y e. auxiliares	660,92	672,56	-2
Ventiladores	4508,14	2852,61	37
Calefacción	207,2	392,73	-90

Tabla 5.32. Comparativa anual energía primaria

Por último, en lo que se refiere a la energía final total, ha pasado de 9408,86 MWh por año a 5406,16 MWh por año, lo que se traduce en un ahorro de 4002.7 MWh anuales.

	Energía final [MWh]		reducción %
	edificio original	Edificio VEEI =3 EER =3,8	
Iluminación	5102,37	2551,19	50
Refrigeración	2052,81	1042,62	49
Bombas y e. auxiliares	262,41	272,25	-4
Ventiladores	1788,07	1154,74	35
Calefacción	203,47	385,38	-89

Tabla 5.33. Comparativa anual energía final

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

ÍNDICE

6.1 CONCLUSIONES DE LA LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	164
6.2 CONCLUSIONES DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	165

6.1 CONCLUSIONES DE LA LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

El centro comercial de El Corte Inglés de Albacete cumple con la normativa de verificación de la sección HE-1 del código técnico de la edificación establecida tanto en calefacción como en refrigeración.

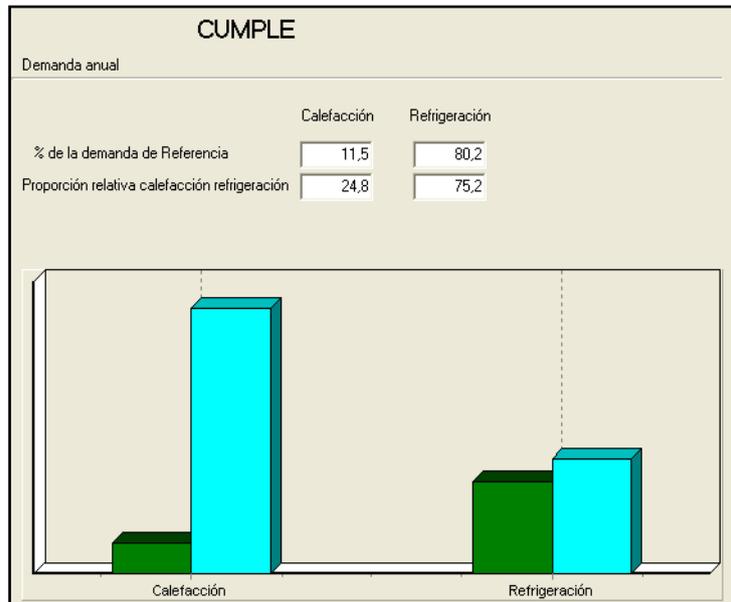


Figura 6.1. Porcentaje de demanda de calefacción y de refrigeración

Según se muestra en la figura 6.1, el edificio demanda el triple de energía para refrigeración que para calefacción. La demanda de calefacción del edificio es un 11,5% de la demanda del edificio de referencia y la demanda de refrigeración es un 80,2% de la demanda del edificio de referencia.

No es necesario aplicar medidas correctivas sobre los cerramientos puesto que el edificio cumple con todas las especificaciones de transmitancias máximas, transmitancias límite (para la zona climática D3) y condensaciones establecidas en el CTE, si bien conviene destacar ciertos aspectos que se podrían mejorar para lograr un resultado más favorable:

- Las transmitancia de la cubierta es de $0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$, valor muy próximo al límite marcado por la normativa de $0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$. Se podría mejorar este valor aumentando el espesor de la capa de EPS (poliestireno expandido) hasta alcanzar los 5 ó 6 cm.

– Los huecos (marcos + vidrios) propuestos para el centro requieren sistemas de apoyo como atenuadores interiores (persianas, estores, etc.) o externos (voladizos, dispositivos de lamas, etc.) para adecuarse a los límites de factor solar impuestos por la normativa.

– Todos los puentes térmicos presentan un factor de temperatura superficial $f_{rsi} > f_{rsi,min}$ (que para la zona climática D y clase higrométrica 3 resulta ser de 0.61) por lo que no se producirán condensaciones superficiales. No obstante, se debe aumentar el aislamiento perimetral que afecta a la unión de los pilares y se debe mejorar el aislamiento global de los huecos de ventanas pues los resultados en estos elementos son muy ajustados, con un valor de $f_{rsi}=0.64$.

6.2 CONCLUSIONES DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Una vez realizada la calificación energética, la etiqueta adjudicada al centro comercial de El Corte Inglés de Albacete es la D, con un índice global de emisiones de CO₂ de 1,19. Las emisiones de CO₂ del centro se sitúan un 19% por encima de las recomendadas por la normativa.

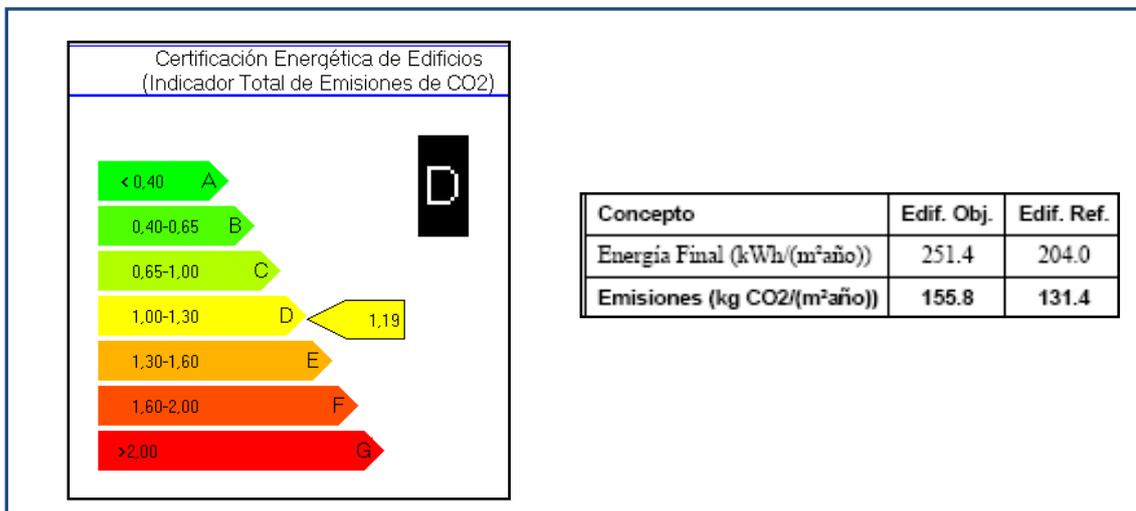


Figura 6.2. Etiqueta global, energía y emisiones de ECI de Albacete

La energía primaria total que requiere el edificio es de 23.416,11 MWh por año. Más de la mitad de la energía que consume el centro se debe a los equipos de iluminación, lo que refleja la importancia de estos sistemas en este tipo de inmuebles, en los que por distintos motivos, entre ellos la seguridad, apenas disponen de acristalamientos que aporten luz natural.

Las emisiones totales del edificio son de 5828,57 Tn CO₂ por año.

Un aspecto importante a destacar es que la mejora del valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación VEEI, tiene un efecto sobre el índice de emisiones de climatización además de afectar al índice de emisiones de iluminación.

Con la mejora impuesta sobre el valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación VEEI, consistente en una reducción progresiva del mismo, se ha logrado un 40% de disminución de las emisiones respecto al edificio objeto con los parámetros originales y un 30% de reducción respecto a las del edificio de referencia. El índice global de emisiones de CO₂, se ha reducido desde 1.19 hasta 0.71 con lo que el centro adoptaría la clase C de eficiencia energética.

En necesario resaltar que, como se vio en el capítulo anterior, este resultado se alcanza para un valor de VEEI =3, lo que supone la instalación de tan sólo 15W/m² de potencia de iluminación si se quiere mantener la iluminancia media en 500lux. Obviamente esta potencia resulta demasiado baja para determinadas zonas como aquellas que requieren iluminación de acento. Por otro lado, alcanzar la iluminancia deseada con una potencia tan baja puede suponer un gran aumento del coste de las luminarias puesto que se requeriría luminarias muy eficientes.

Por otra parte, los resultados de la calificación obtenida tras las variaciones sobre el VEEI, muestran que para valores VEEI < 4.5 (y con un valor de EER=2.6 para las enfriadoras) se alcanza la etiqueta C con un índice global de emisiones de 0.94. Para mantener la iluminancia en 500lux, la potencia de iluminación sería de 22.5 W/m². Una mejora sobre la eficiencia de las enfriadoras permitiría aumentar la potencia de iluminación hasta los 25 W/m², manteniendo los 500lux de iluminancia siendo este un valor más cercano a la realidad práctica de la instalación.

El ratio de eficiencia energética EER de las enfriadoras solo afecta al índice de emisiones de climatización. Su influencia sobre la calificación es mucho menor que la del VEEI.

El mejor control para los ventiladores de las UTAs, desde el punto de vista de consumo, es el control de velocidad variable a través de un regulador eléctrico.

Finalmente se demuestra que el efecto combinado del aumento del coeficiente de eficiencia energética CEE de las enfriadoras y de la disminución del VEEI del sistema de iluminación es suficiente para que el centro alcance la categoría de clase B de eficiencia energética, con un índice de emisiones global de 0.65.

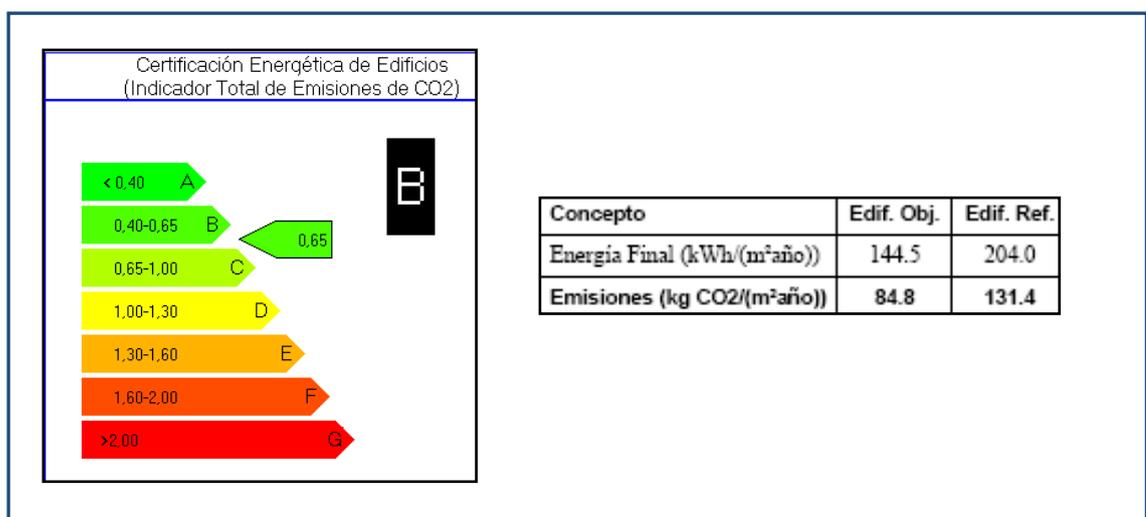


Figura 6.3. Etiqueta global, energía y emisiones de ECI de Albacete con los sistemas más eficientes

ANEXOS

ANEXO I
INFORME LIDER

Código Técnico de la Edificación



LIDER
DOCUMENTO
BÁSICO HE
AHORRO DE ENERGÍA

HE1: LIMITACIÓN
DE DEMANDA
ENERGÉTICA



IDAE Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía



DIRECCIÓN GENERAL
DE ARQUITECTURA
Y POLÍTICA DE VIVIENDA

Proyecto: EL CORTE INGLÉS ALBACETE

Fecha: 02/12/2008

Localidad: ALBACETE

Comunidad: CASTILLA LA MANCHA

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

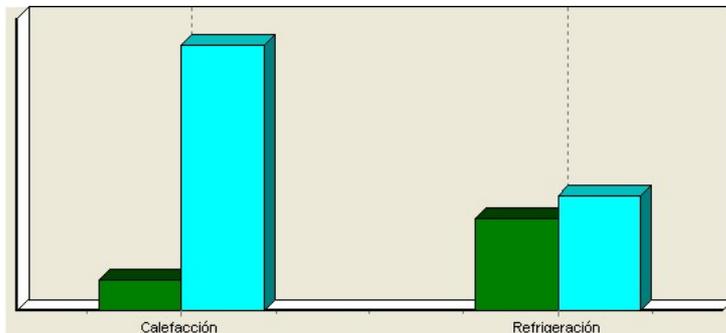
1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
Localidad ALBACETE	Comunidad Autónoma CASTILLA LA MANCHA
Dirección del Proyecto AVDA. ESPAÑA	
Autor del Proyecto PROMEC	
Autor de la Calificación PROMEC	
E-mail de contacto ingenieria@promec.es	Teléfono de contacto 913735543
Tipo de edificio Terciario	

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	11,5	80,2
Proporción relativa calefacción refrigeración	24,8	75,2



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

3.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrométrica	Área (m ²)	Altura (m)
P01_E001	P01	Residencial	3	261,54	3,60
P01_E002	P01	Residencial	3	1123,71	3,60
P01_E003	P01	Residencial	3	329,47	3,60
P02_E01	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	9348,73	3,60
P03_E001	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	9334,89	3,60
P04_E001	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	7204,70	3,60
P04_E002	P04	Residencial	3	1785,58	3,60
P04_E003	P04	Residencial	3	322,58	3,60
P05_E001	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	8216,72	3,60
P05_E002	P05	Residencial	3	551,95	3,60
P05_E003	P05	Residencial	3	289,72	3,60
P05_E004	P05	Residencial	3	123,15	3,60
P05_E005	P05	Residencial	3	195,28	3,60
P05_E006	P05	Residencial	3	153,77	3,60
P06_E001	P06	Residencial	3	956,11	3,60
P06_E002	P06	Residencial	3	1403,59	3,60
P06_E003	P06	Residencial	3	289,36	3,60
P06_E004	P06	Residencial	3	1251,40	3,60
P06_E005	P06	Residencial	3	575,51	3,60
P06_E006	P06	Residencial	3	1017,60	3,60
P06_E007	P06	Residencial	3	813,33	3,60

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	Planta	Uso	Clase higrométrica	Área (m²)	Altura (m)
P06_E008	P06	Intensidad Baja - 8h	3	2852,39	3,60
P07_E001	P07	Residencial	3	536,67	3,60
P07_E002	P07	Residencial	3	53,44	3,60
P07_E003	P07	Residencial	3	20,81	3,60
P07_E004	P07	Residencial	3	848,71	3,60
P07_E005	P07	Residencial	3	441,37	3,60
P07_E006	P07	Residencial	3	588,06	3,60
P07_E007	P07	Residencial	3	41,19	3,60
P07_E008	P07	Residencial	3	728,77	3,60
P07_E009	P07	Residencial	3	247,69	3,60
P07_E010	P07	Residencial	3	28,06	3,60
P07_E011	P07	Residencial	3	696,74	3,60
P07_E012	P07	Residencial	3	113,89	3,60
P07_E013	P07	Residencial	3	653,90	3,60
P08_E001	P08	Residencial	3	594,88	3,60
P08_E002	P08	Residencial	3	114,32	3,60
P08_E003	P08	Residencial	3	680,75	3,60
P08_E004	P08	Residencial	3	434,43	3,60
P08_E005	P08	Residencial	3	617,81	3,60
P08_E006	P08	Residencial	3	516,49	3,60
P08_E007	P08	Nivel de estanqueidad 1	3	60,88	3,60
P08_E008	P08	Residencial	3	543,77	3,60
P08_E009	P08	Residencial	3	453,84	3,60
P08_E010	P08	Residencial	3	538,74	3,60
P09_E001	P09	Residencial	3	785,10	3,60

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	Planta	Uso	Clase higrómetros	Área (m ²)	Altura (m)
P09_E002	P09	Residencial	3	584,98	3,60
P09_E003	P09	Residencial	3	588,44	3,60
P09_E004	P09	Residencial	3	530,81	3,60
P09_E005	P09	Residencial	3	434,43	3,60
P09_E006	P09	Residencial	3	617,81	3,60
P09_E007	P09	Nivel de estanqueidad 1	3	46,57	3,60
P09_E008	P09	Residencial	3	543,77	3,60
P09_E009	P09	Residencial	3	453,84	3,60
P10_E001	P10	Residencial	3	785,10	3,60
P10_E002	P10	Residencial	3	584,98	3,60
P10_E003	P10	Residencial	3	588,44	3,60
P10_E004	P10	Residencial	3	530,81	3,60
P10_E005	P10	Residencial	3	434,43	3,60
P10_E006	P10	Residencial	3	617,81	3,60
P10_E007	P10	Nivel de estanqueidad 1	3	46,57	3,60
P10_E008	P10	Residencial	3	543,77	3,60
P10_E009	P10	Residencial	3	453,84	3,60
P11_E001	P11	Residencial	3	785,10	3,60
P11_E002	P11	Residencial	3	584,98	3,60
P11_E003	P11	Residencial	3	588,44	3,60
P11_E004	P11	Residencial	3	530,81	3,60
P11_E005	P11	Residencial	3	434,43	3,60
P11_E006	P11	Residencial	3	617,81	3,60
P11_E007	P11	Nivel de estanqueidad 1	3	46,57	3,60
P11_E008	P11	Residencial	3	543,77	3,60

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	Planta	Uso	Clase higrométrica	Área (m ²)	Altura (m)
P11_E009	P11	Residencial	3	453,84	3,60
P12_E001	P12	Residencial	3	280,53	3,60
P12_E002	P12	Residencial	3	46,73	3,60
P12_E003	P12	Residencial	3	1167,35	3,60
P12_E004	P12	Residencial	3	46,73	3,60
P12_E005	P12	Residencial	3	289,17	3,60
P12_E006	P12	Residencial	3	609,79	3,60
P12_E007	P12	Residencial	3	513,15	3,60
P12_E008	P12	Residencial	3	329,14	3,60
P12_E009	P12	Residencial	3	732,07	3,60
P12_E010	P12	Residencial	3	654,20	3,60

3.2. Cerramientos opacos

3.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m ³)	cp (J/kgK)	R (m ² K/W)	Z (m ² sPa/Kg)	Just.
62044	-	-	-	0,63	-	SI
MODULO FOTOVOLTAICO	-	-	-	0,44	-	SI
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,031	40,00	1000,00	-	1	
1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60	0,667	1140,00	1000,00	-	10	
Cámara de aire ligeramente ventilada vertical	-	-	-	0,09	-	--
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	-	80	
Mármol [2600 < d < 2800]	3,500	2700,00	1000,00	-	10000	
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,550	1125,00	1000,00	-	10	

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m ³)	cp (J/kgK)	R (m ² K/W)	Z (m ² sPa/Kg)	Just.
Granito [2500 < d < 2700]	2,800	2600,00	1000,00	-	10000	
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2170,00	1000,00	-	10	
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	-	4	
Placas de yeso armado con fibras minerales	0,250	900,00	1000,00	-	4	
EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,029	30,00	1000,00	-	20	
Acrílicos	0,200	1050,00	1500,00	-	10000	
Resina epoxi	0,200	1200,00	1400,00	-	10000	
Tierra apisonada adobe bloques de tierra co	1,100	1885,00	1000,00	-	1	
Cámara de aire ligeramente ventilada horizo	-	-	-	0,09	-	--
Panel de vidrio celular [CG]	0,050	125,00	1000,00	-	1e+30	
Subcapa fieltro	0,050	120,00	1300,00	-	15	
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000	
Asfalto	0,700	2100,00	1000,00	-	50000	
Asfalto arenoso	0,150	2100,00	1000,00	-	50000	
Cámara de aire ligeramente ventilada horizo	-	-	-	0,08	-	--
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30	
Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm	-	-	-	0,19	-	--

3.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
CV MURO PANTALLA CONTACTO T	0,48	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
CV MURO PANTALLA CONTACTO T	0,48	1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 10	0,000
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,800
CV ACAB FACH PIEDRA NATURAL	0,54	Mármol [2600 < d < 2800]	0,040
		MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
CV APLACADO PIEDRA NATURAL 3	0,57	Granito [2500 < d < 2700]	0,030
		MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040
		1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
VERTICAL	0,84	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,050
		Placas de yeso armado con fibras minerales 800	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,020
		Acrílicos	0,010
HORIZONTAL	0,85	Resina epoxi	0,070
		Tierra apisonada adobe bloques de tierra compri	0,020
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,400
		Cámara de aire ligeramente ventilada horizontal	0,000
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,050
		Placas de yeso armado con fibras minerales 800	0,020
		Acrílicos	0,020

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
CV MURO CORTINA	0,56	62044	0,000
		Cámara de aire ligeramente ventilada horizontal	0,000
		Granito [2500 < d < 2700]	0,020
		MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,020
		1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm< G < 50 mm	0,115
		1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm< G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
AISL CUBIERTA MARQUESINA TRA	0,36	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,050
		Subcapa fieltro	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,040
		Asfalto	0,060
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,030
		Subcapa fieltro	0,020
EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,040		
AISL CUBIERTA RODADURA VEHIC	0,37	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,080
		Subcapa fieltro	0,020
		Betún fieltro o lámina	0,040
		Asfalto	0,060
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,030
		Subcapa fieltro	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,040
CV ACABADO VIDRIO NO VISION	0,38	62044	0,000
		Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm	0,000

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
CV ACABADO VIDRIO NO VISION	0,38	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
CV PANEL FOTOVOLTAICO	0,40	MODULO FOTOVOLTAICO	0,000
		Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm	0,000
		MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
CV ACAB FACH PIEDRA NATURAL	0,52	Granito [2500 < d < 2700]	0,030
		Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm	0,000
		MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,040
		1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020

3.3. Cerramientos semitransparentes

3.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar	Just.
VER_DC_4-6-551a	3,20	0,75	SI
V62044	1,60	0,37	SI
V61244	1,80	0,63	SI

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

3.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m ² K)	Just.
VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	4,00	--

3.3.3 Huecos

Nombre	62044
Acrilamiento	V62044
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	25,00
U (W/m ² K)	1,84
Factor solar	0,35
Justificación	SI

Nombre	61244
Acrilamiento	V61244
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	25,00
U (W/m ² K)	2,02
Factor solar	0,58
Justificación	SI

Nombre	COMPOSITE 55
--------	--------------

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Acristalamiento	VER_DC_4-6-551a
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
% Hueco	10,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	25,00
U (W/m²K)	3,28
Factor solar	0,69
Justificación	SI

3.4. Puentes Térmicos

En el cálculo de la demanda energética, se han utilizado los siguientes valores de transmitancias térmicas lineales y factores de temperatura superficial de los puentes térmicos, los cuales han de ser justificados en el proyecto:

	Y W/(mK)	FRSI
Encuentro forjado-fachada	0,41	0,76
Encuentro suelo exterior-fachada	0,46	0,74
Encuentro cubierta-fachada	0,46	0,74
Esquina saliente	0,16	0,81
Hueco ventana	0,27	0,64
Esquina entrante	-0,13	0,84
Pilar	0,77	0,64
Unión solera pared exterior	0,13	0,75

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

4. Resultados

4.1. Resultados por espacios

Espacios	Área (m ²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P01_E001	261,5	1	19,4	20,0	1,9	95,8
P01_E003	329,5	1	19,6	16,7	2,5	114,9
P04_E002	1785,6	1	0,0	0,0	0,9	30,3
P04_E003	322,6	1	0,0	0,0	0,0	0,0
P05_E002	552,0	1	0,0	0,0	1,0	33,3
P05_E003	289,7	1	0,0	0,0	1,0	34,7
P05_E004	123,2	1	5,8	1,6	1,1	29,5
P05_E005	195,3	1	0,0	0,0	1,1	27,8
P05_E006	153,8	1	0,0	0,0	0,0	0,0
P06_E001	956,1	1	0,0	0,0	1,1	39,3
P06_E002	1403,6	1	0,0	0,0	1,1	45,3
P06_E003	289,4	1	9,7	8,2	2,6	89,8
P06_E004	1251,4	1	0,0	0,0	2,5	83,8
P06_E005	575,5	1	0,0	0,0	3,4	100,7
P06_E006	1017,6	1	0,0	0,0	2,3	78,3
P06_E007	813,3	1	0,0	0,0	3,4	104,1
P07_E002	53,4	1	63,5	76,6	8,3	98,6
P07_E003	20,8	1	100,0	99,9	100,0	126,8
P07_E004	798,9	1	0,0	0,0	4,0	93,1

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Espacios	Área (m ²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P07_E005	441,4	1	12,8	29,2	9,9	93,6
P07_E006	588,1	1	0,0	0,0	4,0	108,0
P07_E007	41,2	1	12,5	12,5	4,7	73,7
P07_E008	728,8	1	0,0	0,0	3,8	96,6
P07_E009	247,7	1	0,0	0,0	4,2	83,4
P07_E010	28,1	1	36,0	49,5	30,5	115,1
P07_E011	696,7	1	0,0	0,0	3,7	105,7
P07_E013	653,9	1	0,0	0,0	4,2	93,6
P08_E001	594,9	1	0,0	0,0	3,0	83,1
P08_E002	114,3	1	45,8	65,9	14,8	102,2
P08_E003	680,7	1	0,0	0,0	2,6	81,1
P08_E005	617,8	1	0,0	0,0	3,5	83,3
P08_E006	516,5	1	0,0	0,0	2,6	84,0
P08_E008	543,8	1	0,0	0,0	3,8	82,4
P08_E009	453,8	1	0,0	0,0	3,8	82,9
P09_E001	785,1	1	0,0	0,0	5,4	87,3
P09_E002	585,0	1	0,0	0,0	3,0	82,4
P09_E004	530,8	1	0,0	0,0	2,6	84,2
P09_E006	617,8	1	0,0	0,0	3,5	82,1
P09_E008	543,8	1	0,0	0,0	3,8	81,8
P09_E009	453,8	1	0,0	0,0	3,8	82,4
P10_E001	785,1	1	0,0	0,0	5,5	86,6
P10_E002	585,0	1	0,0	0,0	3,0	82,8

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

Espacios	Área (m ²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P10_E004	530,8	1	0,0	0,0	2,6	66,0
P10_E006	617,8	1	0,0	0,0	3,5	82,0
P10_E008	543,8	1	0,0	0,0	3,7	82,8
P10_E009	453,8	1	0,0	0,0	3,7	83,5
P11_E001	785,1	1	0,0	0,0	5,4	84,6
P11_E002	585,0	1	0,0	0,0	3,0	83,9
P11_E003	588,4	1	27,4	51,3	6,0	71,2
P11_E004	530,8	1	0,0	0,0	2,6	80,3
P11_E006	617,8	1	0,0	0,0	2,7	62,7
P11_E008	543,8	1	0,0	0,0	2,6	80,9
P11_E009	453,8	1	0,0	0,0	2,6	81,5
P12_E001	280,5	1	16,4	75,4	4,9	71,9
P12_E002	46,7	1	9,0	69,1	3,3	89,5
P12_E003	1167,3	1	27,7	67,5	5,7	75,3
P12_E004	46,7	1	8,9	68,0	3,3	88,7
P12_E005	289,2	1	23,7	79,3	3,5	94,5
P12_E006	609,8	1	10,6	68,9	3,5	85,8
P12_E007	513,2	1	29,1	81,0	5,1	93,9
P12_E008	329,1	1	2,7	23,4	3,2	88,9
P12_E009	732,1	1	0,0	0,0	3,1	90,3
P12_E010	654,2	1	48,3	73,6	4,5	89,0

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE	
	Localidad ALBACETE	Comunidad CASTILLA LA MANCHA

5. Lista de comprobación

Los parámetros característicos de los siguientes elementos del edificio deben acreditarse en el proyecto

Tipo	Nombre
Material	62044 MODULO FOTOVOLTAICO MW Lana mineral [0.031 W/[mK]] EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]] Panel de vidrio celular [CG]
Acrilamiento	VER_DC_4-6-551a V62044 V61244

 HE-1 Opción General	Proyecto EL CORTE INGLÉS ALBACETE
	Localidad ALBACETE

ANEXO II
INFORME CALENER

CALENER-GT

Informe Calificación Versión 3.0

Proyecto: Calificación Energética E.C.I. Albacete

Fecha: 13/12/08



Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

1. DATOS GENERALES

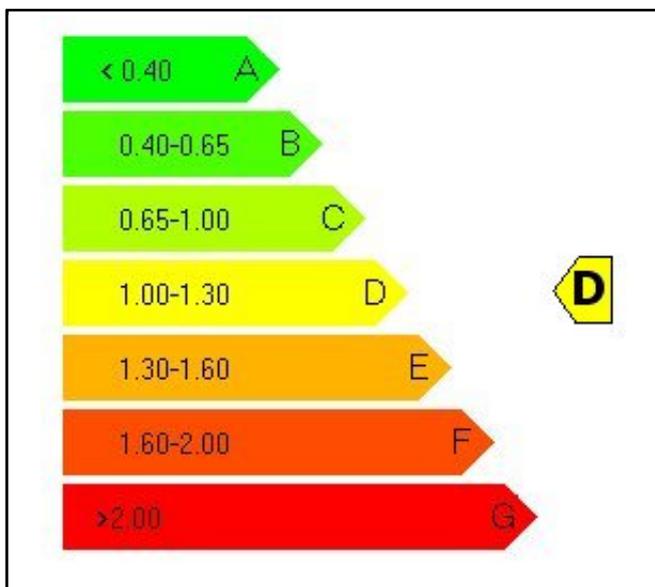
Nombre del Proyecto		
Calificación Energética E.C.I. Albacete		
Comunidad Autónoma	Localidad	
Castilla - la Mancha	Albacete	
Dirección del Proyecto		
AVENIDA DE ESPAÑA		
Autor del Proyecto		
PROMECC		
Autor de la Calificación		
PROMECC		
E-mail de contacto	Teléfono de contacto	
ingenieria@promec.es	91.373.55.43	
Tipo de edificio	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)	Energía eléct. con renovables (kWh/año)
Comerciales	0.0	342617.0

2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m ²)	20.3	7.0	2.89	G
Demanda Refri. (kW·h/m ²)	221.3	229.9	0.96	C

Emissiones Climat. (kg CO ₂ /m ²)	70.0	42.9	1.63	F
Emissiones ACS (kg CO ₂ /m ²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emissiones Ilum. (kg CO ₂ /m ²)	85.7	88.5	0.97	C
Emissiones Tot. (kg CO₂/m²)	155.8	131.4	1.19	D

3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Obj.	Edif. Ref.
Energía Final (kWh/(m ² ·año))	251.4	204.0
Emissiones (kg CO₂/(m²·año))	155.8	131.4

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha	Localidad Albacete

4. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

4.1. Composición de cerramientos

Nombre	Tipo	U (W/(m²K))	Peso (kg/m²)	Color
AISL CUBIERTA RODADURA VEHICULOS	Transitorio	0,37	401,75	0,70
AISL CUBIERTA MARQUESINA TRANSIT	Transitorio	0,36	306,00	0,70
CV MURO CORTINA	Transitorio	0,56	574,40	0,70
CV MURO PANTALLA CONTACTO TERREN	Transitorio	0,49	2.052,70	0,70
CV ACAB FACH PIEDRA NATURAL 3cm	Transitorio	0,54	394,30	0,70
CV ACAB FACH PIEDRA NATURAL 4cm	Transitorio	0,52	601,20	0,70
CV APLACADO PIEDRA NATURAL 3cm	Transitorio	0,57	601,20	0,70
Vertical	Transitorio	0,78	70,35	0,70
Horizontal	Transitorio	0,80	1.161,95	0,70
SUELO	Transitorio	0,49	2.052,70	0,70
CV PANEL FOTOVOLTAICO	Transitorio	0,40	286,30	0,70
CV APLACADO VIDRIO NO VISION	Transitorio	0,38	286,30	0,70

4.2. Acristalamientos

Nombre	Tipo	Localización	Factor solar	U (W/(m²K))	Tran. visible
61244	Prop. globales	Exterior	0,63	1,80	0,91
62044	Prop. globales	Exterior	0,37	1,60	0,91
Composite 55	Prop. globales	Exterior	0,75	3,50	0,91

5. CERRAMIENTOS

5.1. Cerramientos exteriores

Nombre	Comp. cerramiento	Espacio	Área (m²)	Orient.
Muro Este 1 SS	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 1	115,20	90,00
Muro Norte SS 1	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 1	201,60	0,00
Muro Norte Cortina SS 1	CV MURO ... TERREN	Espacio SS Cortina 1	28,80	0,00
Muro Este Cortina 1 SS	CV MURO ... TERREN	Espacio SS Cortina 1	28,80	90,00
Muro Norte SS 2	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 2	144,00	0,00
Muro Oeste SS 2	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 2	115,20	-90,00
Muro NO SS 2	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 2	175,29	-131,09
Muro Sur SS 2	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 2	288,00	180,00
Muro Este SS 2	CV MURO ... TERREN	Espacio SS 2	132,12	90,00
Cubierta 2 SS	AISL CUB...HICULOS	Espacio SS 2	3.036,20	Horiz.

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

Nombre	Comp. cerramiento	Espacio	Área (m²)	Orient.
Muro Norte Cortina SS 2	CV MURO ... TERREN	Espacio SS Cortina 2	28,80	0,00
Muro Oeste Cortina SS	CV MURO ... TERREN	Espacio SS Cortina 2	28,80	-90,00
Cubierta Cortina SS 2	AISL CUB...HICULOS	Espacio SS Cortina 2	64,00	Horiz.
Muro 1-2 Norte PB	CV MURO CORTINA	Espacio PB	230,40	0,00
Muro 2-3 Oeste PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	28,80	-90,00
Muro 3-4 Oeste PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	28,80	0,00
Muro 4-5 Oeste PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	28,80	-90,00
Muro 5-6 Oeste PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	57,60	0,00
Muro 6-7 Este PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	122,40	-90,00
Muro 7-8 Sur PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	57,60	180,00
Muro 8-9 Oeste PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	57,60	-90,00
Muro 9-10 Sur PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	144,00	180,00
Muro 10-11 NO PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	15,27	-135,00
Muro 11-12 NE PB	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	147,64	135,00
Muro Este 12-13	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio PB	144,00	90,00
Muro 1-2 Norte P1	CV MURO CORTINA	Espacio P1	230,40	0,00
Muro 2-3 Oeste P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	28,80	-90,00
Muro 3-4 Oeste P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	28,80	0,00
Muro 4-5 Oeste P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	28,80	-90,00
Muro 5-6 Oeste P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	57,60	0,00
Muro 6-7 Oeste P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	122,40	-90,00
Muro 7-8 Sur P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	57,60	180,00
Muro 8-9 Este P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	57,60	-90,00
Muro 9-10 Norte P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	144,00	180,00
Muro 10-11 NO P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	15,27	-135,00
Muro 11-12 NE P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	147,64	135,00
Muro 12-13 Este P1	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P1	144,00	90,00
Muro 1-2 Norte P2	CV MURO CORTINA	Espacio P2	230,40	0,00
Muro 2-3 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	28,80	-90,00
Muro 3-4 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	28,80	0,00
Muro 4-5 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	28,80	-90,00
Muro 5-6 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	57,60	0,00
Muro 6-7 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	122,40	-90,00
Muro 7-8 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	57,60	180,00

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

Nombre	Comp. cerramiento	Espacio	Área (m²)	Orient.
Muro 8-9 Oeste P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	57,60	-90,00
Muro 10-11 NO P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	15,27	-135,00
Muro 11-12 NE P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	147,64	135,00
Muro 9-10 Sur P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	144,00	180,00
Muro 12-13 Este P2	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P2	144,00	90,00
Muro 1-2 Norte P3	CV MURO CORTINA	Espacio P3	230,40	0,00
Muro 2-3 Oeste P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	28,80	-90,00
Muro 3-4 Oeste P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	28,80	0,00
Muro 4-5 Oeste P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	28,80	-90,00
Muro 5-6 Oeste P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	57,60	0,00
Muro 6-7 Oeste P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	122,40	-90,00
Muro 7-8 Sur P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	57,60	180,00
Muro 8-9 Oeste P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	57,60	-90,00
Muro 9-10 Sur P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	144,00	180,00
Muro 10-11 NE P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	15,27	-135,00
Muro 11-12 NE P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	147,64	135,00
Muro 12-13 Este P3	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P3	144,00	90,00
Muro 1-2 Norte P4	CV MURO CORTINA	Espacio P4	230,40	0,00
Muro 2-3 Oeste P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	28,80	-90,00
Muro 3-4 Oeste P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	28,80	0,00
Muro 4-5 Oeste P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	28,80	-90,00
Muro 5-6 Oeste P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	57,60	0,00
Muro 6-7 Oeste P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	122,40	-90,00
Muro 7-8 Sur P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	57,60	180,00
Muro 8-9 Oeste P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	57,60	-90,00
Muro 9-10 Sur P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	144,00	180,00
Muro 10-11 NE P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	15,27	-135,00
Muro 11-12 NE P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	147,64	135,00
Muro 12-13 Este P4	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P4	144,00	90,00
Muro 1-2 Norte P5	CV MURO CORTINA	Espacio P5	230,40	0,00
Muro 2-3 Oeste P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	28,80	-90,00
Muro 3-4 Oeste P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	28,80	0,00
Muro 4-5 Oeste P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	28,80	-90,00
Muro 5-6 Oeste P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	57,60	0,00

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

Nombre	Comp. cerramiento	Espacio	Área (m²)	Orient.
Muro 6-7 Oeste P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	122,40	-90,00
Muro 7-8 Sur P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	57,60	180,00
Muro 8-9 Oeste P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	57,60	-90,00
Muro 10-11 NE P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	15,27	-135,00
Muro 11-12 NE P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	147,64	135,00
Muro 12-13 Este P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	144,00	90,00
Muro 9-10 Sur P5	CV ACAB ...RAL 3cm	Espacio P5	144,00	180,00
Cubierta P5	AISL CUB...HICULOS	Espacio P5	4.903,00	Horiz.

5.2. Cerramientos en contacto con el terreno

Nombre	Comp. cerramiento	Espacio	Área (m²)
Suelo	SUELO	Espacio SS 1	4.839,00
Suelo Cortina 1 SS	SUELO	Espacio SS Cortina 1	64,00
Suelo SS 2	SUELO	Espacio SS 2	3.036,20
Suelo Cortina 2 SS	SUELO	Espacio SS Cortina 2	64,00

6. VENTANAS

6.1. Ventanas - Dimensiones y orientación

Nombre	Acristalamiento	Cerramiento	Área (m²)	Orient.
Puerta 1-2 Sur 1 PB	Composite 55	Muro 1-2 Norte PB	32,40	0,00
Ventana 1-2 PB 2	Composite 55	Muro 1-2 Norte PB	27,00	0,00
Ventana 1-2 PB 3	Composite 55	Muro 1-2 Norte PB	18,90	0,00
Ventana 1-2 PB 4	Composite 55	Muro 1-2 Norte PB	16,20	0,00
Ventana 6 1-2 PB	Composite 55	Muro 1-2 Norte PB	13,50	0,00
Ventana 5-6 PB	61244	Muro 5-6 Oeste PB	16,20	0,00
Ventana 6-7 PB 1	Composite 55	Muro 6-7 Este PB	27,00	-90,00
Ventana 6-7 PB 2	Composite 55	Muro 6-7 Este PB	27,00	-90,00
Ventana 9-10 PB	61244	Muro 9-10 Sur PB	78,00	180,00
Ventana 11-12 PB	61244	Muro 11-12 NE PB	25,20	135,00
Ventana 9-10 Sur P1	61244	Muro 9-10 Norte P1	78,00	180,00
Ventana 11-12 P1	61244	Muro 11-12 NE P1	25,20	135,00
Ventana 11-12 P2	61244	Muro 11-12 NE P2	25,20	135,00
Ventana 9-10 P2	61244	Muro 9-10 Sur P2	78,00	180,00
Ventana 9-10 P3	61244	Muro 9-10 Sur P3	78,00	180,00
Ventana 11-12 P3	61244	Muro 11-12 NE P3	25,20	135,00

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

Nombre	Acristalamiento	Cerramiento	Área (m²)	Orient.
Ventana 9-10 P4	61244	Muro 9-10 Sur P4	78,00	180,00
Ventana 11-12 P4	61244	Muro 11-12 NE P4	25,20	135,00
Ventana 1-2 P5 2	61244	Muro 1-2 Norte P5	42,00	0,00
Ventana 11-12 P5	61244	Muro 11-12 NE P5	25,20	135,00
Ventana 9-10 P5	61244	Muro 9-10 Sur P5	78,00	180,00

6.2. Ventanas - Sombras y permeabilidad

Nombre	Cortina / Persiana	Retranqueo (m)	Voladizo (m)	Sal. Drcho. (m)	Sal. Izqdo. (m)	Permeabilidad (m³/(h·m²) 100Pa)
Puerta 1-2 Sur 1 PB	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 1-2 PB 2	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 1-2 PB 3	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 1-2 PB 4	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 6 1-2 PB	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 5-6 PB	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 6-7 PB 1	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 6-7 PB 2	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 9-10 PB	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 11-12 PB	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 9-10 Sur P1	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 11-12 P1	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 11-12 P2	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 9-10 P2	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 9-10 P3	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 11-12 P3	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 9-10 P4	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 11-12 P4	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 1-2 P5 2	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 11-12 P5	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00
Ventana 9-10 P5	No	...	0,00	0,00	0,00	50,00

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

7. ESPACIOS

7.1. Espacios - Dimensiones y conexiones

Nombre	Planta	Multiplicador	Área (m ²)	Altura (m)
Espacio SS 1	Planta Semisótano	1	4.839,00	3,60
Espacio SS Cortina 1	Planta Semisótano	1	64,00	3,60
Espacio SS 2	Planta Semisótano	1	3.036,20	3,60
Espacio SS Cortina 2	Planta Semisótano	1	64,00	3,60
Espacio PB	Planta Baja	1	4.903,00	3,60
Espacio P1	Planta P1	1	4.903,00	3,60
Espacio P2	Planta P2	1	4.903,00	3,60
Espacio P3	Planta P3	1	4.903,00	3,60
Espacio P4	Planta P4	1	4.903,00	3,60
Espacio P5	Planta P5	1	4.903,00	3,60

7.2. Espacios - Características ocupacionales y funcionales

Nombre	m ² /ocup. (m ² /per)	Equipo (W/m ²)	Iluminación (W/m ²)	VEEI (W/m ² ·100lux)	VEEI lim. (W/m ² ·100lux)	Iluminación Natural
Espacio SS 1	8,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio SS Cortina 1	8,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio SS 2	8,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio SS Cortina 2	8,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio PB	4,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio P1	4,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio P2	4,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio P3	4,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio P4	4,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No
Espacio P5	4,00	10,00	30,00	6,00	6,00	No

8. ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO

Nombre	Altura (m)	Anchura (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Azimut (°)	Inclin. (°)

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha	Localidad Albacete

9. SUBSISTEMAS PRIMARIOS

9.1. Bombas de circulación

Nombre	Tipo de control	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia nominal (kW)	Rendimiento global
Bomba CAF ...cundario)	Velocidad variable	331.000	26,0	27,72	0,85
Bomba CAF(Primario)	Velocidad constante	248.000	16,0	12,78	0,85
Bomba CAC...cundario)	Velocidad variable	115.000	26,0	9,63	0,85
Bomba CAC(Primario)	Velocidad constante	57.500	12,0	2,22	0,85

9.2. Circuitos hidráulicos

Nombre	Tipo	Subtipo	Modo de operación	T. consigna calor (°C)	T. consigna frío (°C)
Circuito Agua Fría	Agua fría	Primario	Disp. demanda	-	7,0
Circuito Agua Caliente	Agua caliente	Primario	Disp. demanda	80,0	-

9.3. Plantas Enfriadoras

Nombre	Tipo	Cap. N. Ref. (kW)	Cap. N. Cal. (kW)	EER Eléc.	COP	EER Térm.
Enfriadora 1	Compresor eléctrico	1.440,00	-	2,60	-	-
Enfriadora 2	Compresor eléctrico	1.440,00	-	2,60	-	-
Enfriadora 3	Compresor eléctrico	1.440,00	-	2,60	-	-
Enfriadora 4	Compresor eléctrico	1.440,00	-	2,60	-	-

9.4. Calderas

Nombre	Subtipo	Combustible	Potencia nominal (kW)	Rendimiento nominal
Caldera 1	Convencional	Gas Natural	1.350,00	0,85
Caldera 2	Convencional	Gas Natural	1.350,00	0,85

9.5. Generadores de A.C.S.

9.5.1. Propiedades Generales

Nombre	Tipo	Combustible	Potencia nominal (kW)	Rendimiento nominal	Volumen depósito (l)

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

9.5.2. Panel Solar

Nombre	Panel Solar	Área (m ²)	Porcentaje demanda cubierta (%)

9.6. Sistemas de condensación

Nombre	Tipo	Nº celdas independientes	Potencia nominal (kW)	Potencia nom. ventilador (kW/celda)

9.7. Equipos de cogeneración

Nombre	Potencia nominal (kW)	Rendimiento nominal	Combustible	Recuperación de energía

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha	Localidad Albacete

10. SUBSISTEMAS SECUNDARIOS

Nombre	Sistema de Caudal Variable 1
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	160,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Nombre	Sistema de Caudal Variable 2
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	300,00
Potencia batería calor (kW)	260,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	27.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	20,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	-
Potencia ventilador de retorno (kW)	-
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	-
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha	Localidad Albacete

Nombre	Sistema de Caudal Variable 3
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	300,00
Potencia batería calor (kW)	260,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	27.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	20,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	-
Potencia ventilador de retorno (kW)	-
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	-
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Nombre	Sistema de Caudal Variable 4
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	170,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	
	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Localidad
	Castilla - la Mancha	Albacete

Nombre	Sistema de Caudal Variable 5
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	160,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Nombre	Sistema de Caudal Variable 6
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	160,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha
		Localidad Albacete

Nombre	Sistema de Caudal Variable 7
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	160,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Nombre	Sistema de Caudal Variable 8
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	160,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha
		Localidad Albacete

Nombre	Sistema de Caudal Variable 9
Tipo	Todo aire caudal variable
Fuente de calor	Agua caliente
Tipo de condensación	-
EER	-
COP	-
Potencia batería frío (kW)	800,00
Potencia batería calor (kW)	385,00
Caudal ventilador de impulsión (m³/h)	150.000
Potencia ventilador de impulsión (kW)	160,00
Control ventilador de impulsión	Velocidad variable
Caudal ventilador de retorno (m³/h)	125.000
Potencia ventilador de retorno (kW)	40,00
Sección de humectación	-
Enfriamiento gratuito	Sí
Enfriamiento evaporativo	-
Recuperación de energía	-

Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Calificación Energética E.C.I. Albacete	
	Comunidad Autónoma	Castilla - la Mancha	Localidad Albacete

11. ZONAS

11.1. Zonas - Especificaciones básicas

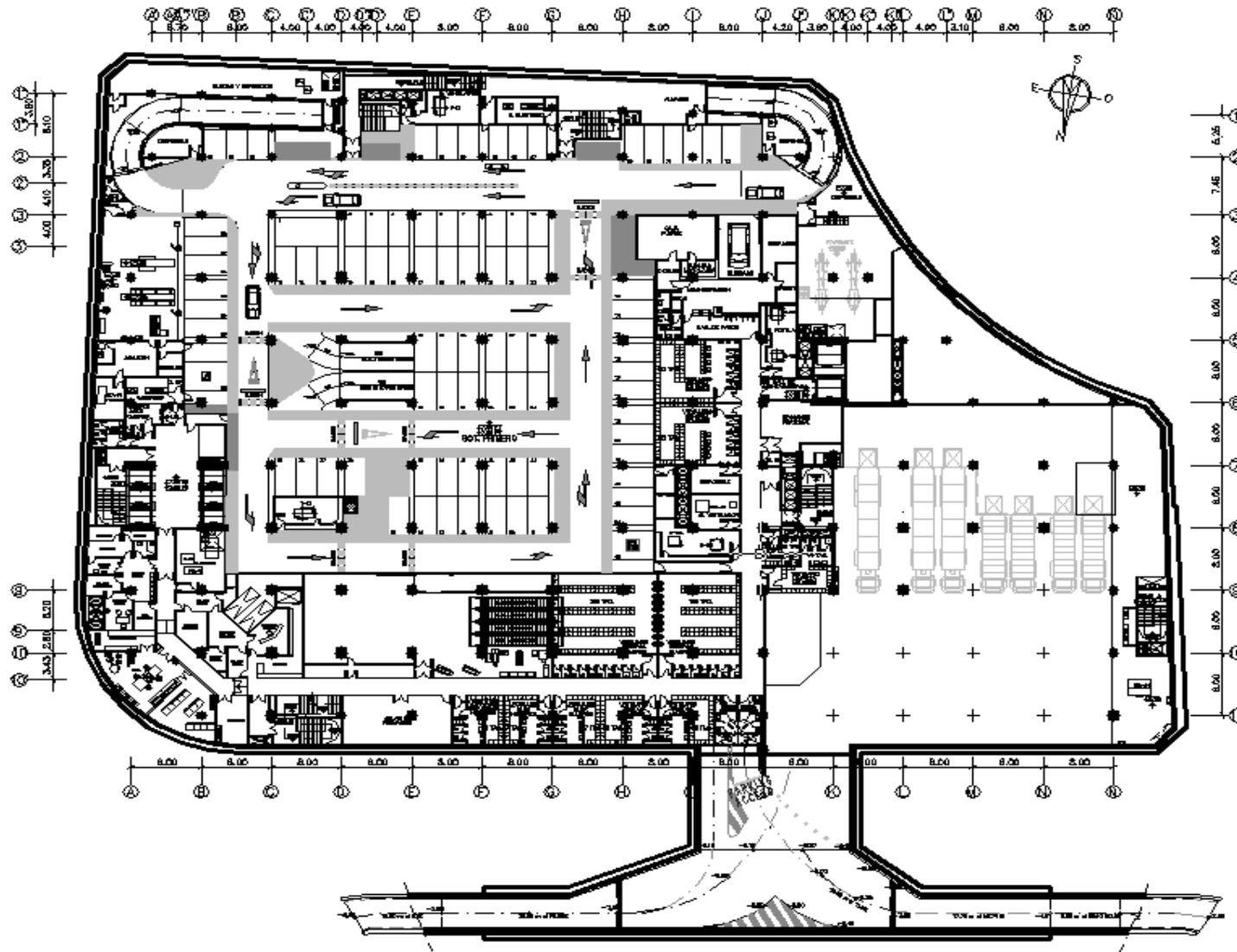
Nombre	Subsistema secundario	Unidad terminal	Fuente de calor
Zona 1 SS	Sistema de ... Variable 1	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zona 2 SS	Sistema de ... Variable 1	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zonas 3 SS	Sistema de ... Variable 2	CCV	-
Zonas 4 SS	Sistema de ... Variable 3	CCV	-
Zonas 5 PB	Sistema de ... Variable 4	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zonas 6 P1	Sistema de ... Variable 5	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zonas 7 P2	Sistema de ... Variable 6	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zonas 8 P3	Sistema de ... Variable 7	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zonas 9 P4	Sistema de ... Variable 8	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente
Zonas 10 P5	Sistema de ... Variable 9	CCV + Bat. Rec.	Agua caliente

11.2. Zonas - Caudales y potencias

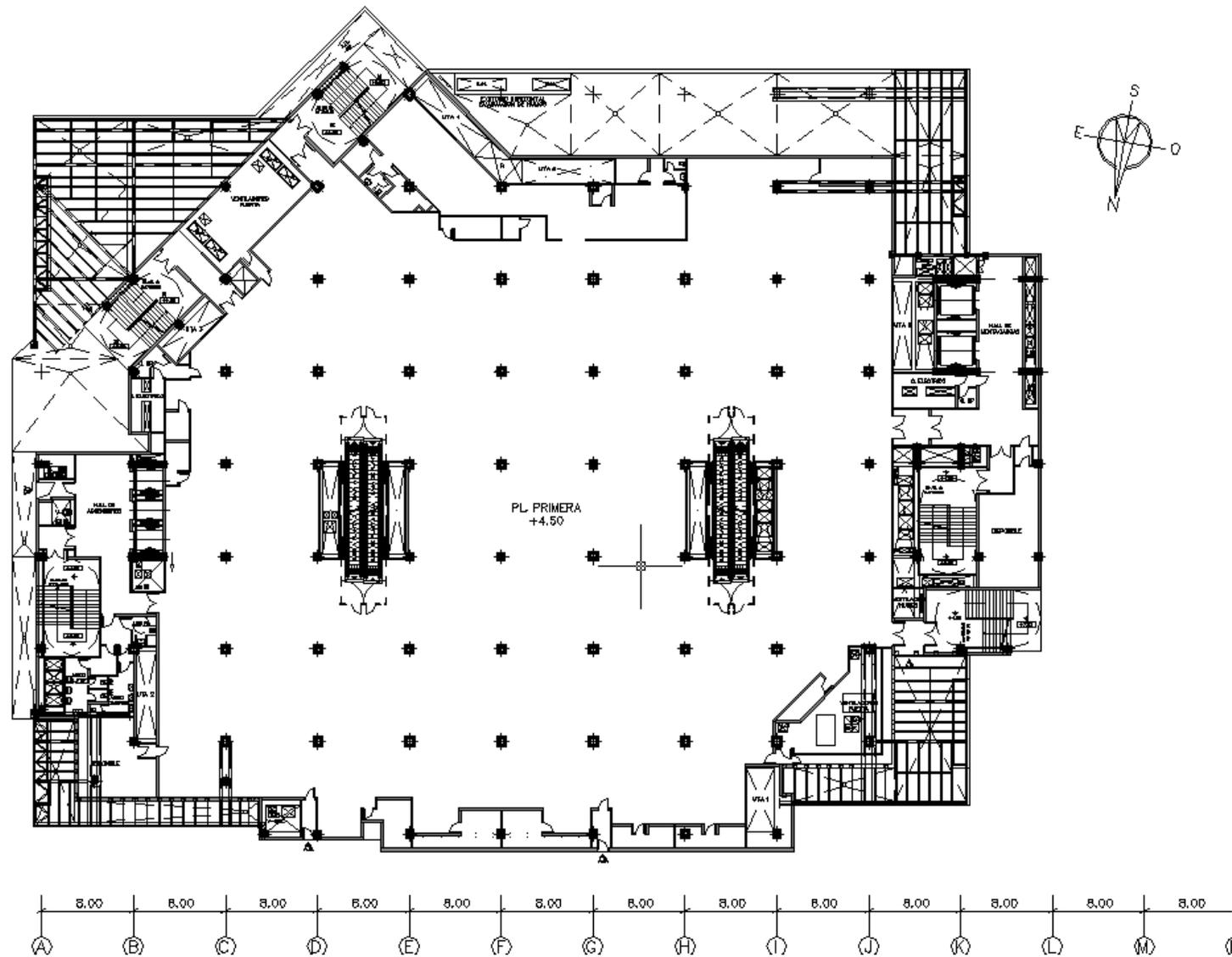
Nombre	Caudal (m³/h)	Potencia frío (kW)	Potencia calor (kW)	Pot. Calef. aux. (kW)	Potencia vent. (kW)	EER	COP
Zona 1 SS	100.000	-	14,00	-	-	-	-
Zona 2 SS	50.000	-	14,00	-	-	-	-
Zonas 3 SS	27.000	-	12,00	-	-	-	-
Zonas 4 SS	27.000	-	12,00	-	-	-	-
Zonas 5 PB	150.000	-	14,00	-	-	-	-
Zonas 6 P1	150.000	-	14,00	-	-	-	-
Zonas 7 P2	150.000	-	14,00	-	-	-	-
Zonas 8 P3	150.000	-	14,00	-	-	-	-
Zonas 9 P4	150.000	-	14,00	-	-	-	-
Zonas 10 P5	150.000	-	14,00	-	-	-	-

ANEXO III
PLANOS DEL EDIFICIO

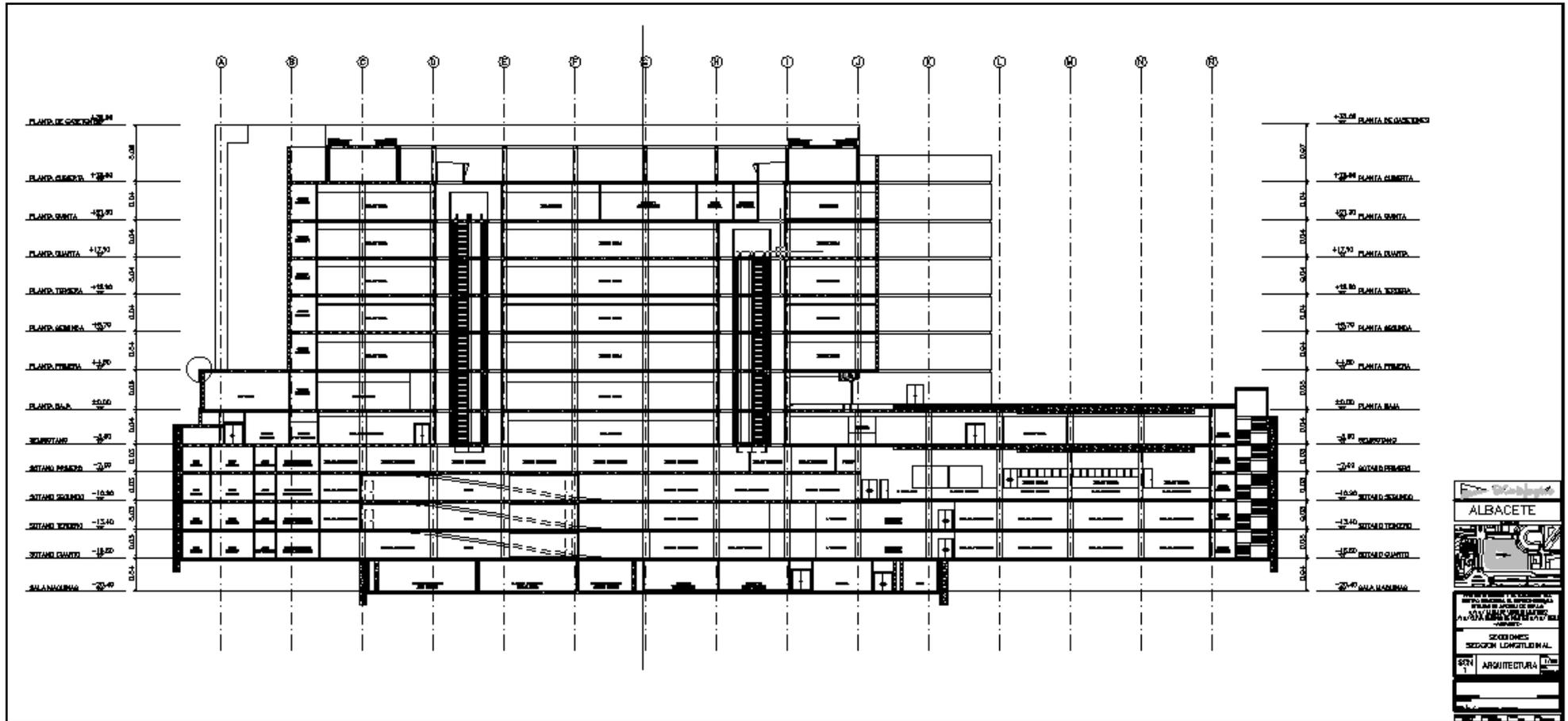
Sótano tipo:
Sótano 1



Planta tipo:
Planta 1ª



Sección Longitudinal



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AC: Corriente alterna.

ACS: Agua caliente sanitaria.

AICIA: Asociación de investigación y cooperación industrial.

CALENER_GT: Calificación energética de edificios - grandes edificios terciarios

CC: Corriente continua.

CEE: Coeficiente de eficiencia energética. COP.

CEC: Catálogo de elementos constructivos.

CEPCO: Confederación española de asociaciones de fabricantes de productos de construcción.

COP: Coefficient of performance.

CTE: Código técnico de la edificación.

DB: Documentos básico.

DB-HE: Documento básico de ahorro de energía.

EER: Energy efficiency ratio. CEE.

GEI: Gases de efecto invernadero.

GLP's : Gases licuados del petróleo.

LED: Light Emitting Diode. Diodo emisor de luz.

LIDER: Limitación de demanda energética.

NBE: Norma básica de la edificación.

ONU: Organización de naciones unidas.

PCI: Poder calorífico inferior.

PIB: Producto interior bruto.

PD: Profundidad de descarga.

PER: Plan de energías renovables.

PFER: Plan de fomento de energías renovables.

RD: Real decreto.

RITE: Reglamento de instalaciones térmicas en edificios.

THD: Distorsión armónica total.

UE: Unión Europea.

UGR: Unified Glare Rating. Índice de deslumbramiento unificado.

UTA: Unidad de tratamiento de aire.

VEEI: Valor de eficiencia energética de la instalación.

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a viviendas, extraído del anexo II del RD 47/2007.....	20
2.2. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos, extraído del anexo II del RD 47/2007.....	20
3.1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2K/W , extraído del apéndice E del DB HE-1.....	28
3.2. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m^2K/W , extraído del apéndice E del DB-HE-1.....	28
3.3. Absortividad del marco, extraído del apéndice E del DB-HE-1.....	29
3.4. Valores máximos para transmitancias térmicas de cerramientos y particiones interiores en $[W/m^2K]$, extraído del DB HE-1	30
3.5. Valores límite para transmitancias térmicas y factores solares medios zona D3, extraído del DB HE-1.....	30
3.6. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{rsi, min}$, extraído del DB HE-1.....	34
3.7. Ficha 1: parámetros característicos, extraído del DB HE-1.....	41
3.8. Ficha 2: conformidad demanda energética, extraído del DB HE-1.....	42
3.9. Ficha 3: conformidad condensaciones, extraído del DB HE-1.....	43
3.10. Valores límite de eficiencia energética de la instalación extraído del DB HE-3.....	47
3.11. Potencia máxima conjunto (Lámparas de descarga) extraído del DB HE-3.....	55
3.12. Potencia máxima conjunto (Lámparas halógenas de baja tensión) extraído del DB HE-1.....	56
3.13. Categorías de balastos de lámparas fluorescentes, extraído del RD 838/2002.....	56
3.14. Potencia máxima de los circuitos de entrada para balastos de categoría 1, extraído del RD 838/2002.....	56
3.15. Zonas climáticas según radiación solar global, extraído del DB HE-4	57

3.16. Contribución solar mínima en %. Caso general extraído del DB HE-4	59
3.17. Contribución solar mínima en %. Caso efecto Joule, extraído del DB HE-4	59
3.18. Demanda unitaria media diaria con demanda de referencia a 60°C y temperatura de 45°C, extraído del DB HE-4.	60
3.19. Pérdidas límite, extraído del DB HE-4	68
3.20. Ámbito de aplicación, extraído del DB HE-5.	70
3.21. Coeficientes de uso, extraído del DB HE-5.	71
3.22. Coeficiente climático extraído del DB HE-5.	71
4.1. Nivel de estanqueidad de espacios no habitables, extraído del apéndice E del HE-1.	97
5.1. Propiedades de las bombas de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	119
5.2. Rendimientos y tipo de control de las bombas de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	119
5.3. Parámetros circuitos de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	120
5.4. Características básicas de las enfriadoras de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	122
5.5. Conexiones a circuitos, salida del programa CALENER_GT.	122
5.6. Características de las calderas de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	123
5.7. Parámetros de los ventiladores de impulsión y de retorno de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	126
5.8. Características de las baterías de frío de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	127
5.9. Características de las baterías de calor de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.	127

5.10. Enfriamiento gratuito, salida del programa CALENER_GT.....	128
5.11. Recuperadores de calor, salida del programa CALENER_GT.....	128
5.12. Propiedades generales de las zonas, salida del programa CALENER_GT.....	129
5.13. Parámetros de control y horarios de los termostatos, salida del programa CALENER.....	130
5.14. Caudales de diseño de impulsión de aire a zonas, salida del programa CALENER_GT.....	130
5.15. Potencia de calor unidades terminales, salida del programa CALENER_GT.....	131
5.16. Coeficientes de conversión a energía primaria y de paso a emisiones de CO ₂ , extraída del manual técnico de CALENER_GT	140
5.17. Indicadores de eficiencia energética, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	142
5.18. Fuentes de energía de ECI de Albacete, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	148
5.19. Valores de potencia por unidad de área y VEEI de los espacios, elaboración propia.....	149
5.20. Índices de iluminación y refrigeración, elaboración propia.....	149
5.21. Índices de climatización, calefacción y global, elaboración propia.....	150
5.22. Índices y etiquetas globales tras la reducción del VEEI, elaboración propia.....	152
5.23. Comparativa anual de emisiones de CO ₂ del edificio con VEEI = 6 y con VEEI =3, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	153
5.24. Índices de iluminación y de refrigeración, elaboración propia	154
5.25. Índices de climatización, calefacción y global, elaboración propia.....	154
5.26. Índices y etiquetas globales tras el aumento del EER, elaboración propia.....	155

5.27. Energía final anual consumida por los ventiladores según los tipos de control, elaboración propia.....	156
5.28. Índices de climatización y global para los distintos tipos de control de los ventiladores, elaboración propia.....	157
5.29. Índices parciales de emisiones, elaboración propia.....	159
5.30. Índice global y etiqueta, elaboración propia.....	159
5.31. Comparativa emisiones de CO ₂ , elaboración propia.....	160
5.32. Comparativa anual energía primaria, elaboración propia.....	160
5.33. Comparativa anual energía final, elaboración propia.....	161

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Etiqueta de eficiencia energética, extraído de la World Wide Web: http://www.terra.org/articulos/art01870.html	19
3.1. Orientaciones de las fachadas, extraído del DB HE-1.....	31
3.2. Muro de 4 capas: flujo saliente, elaboración propia.....	36
3.3. Edificio con cerramientos acristalados al exterior, extraído del DB HE-3.....	50
3.4. Edificio con cerramientos acristalados a patio, extraído del DB HE-3.....	51
3.5. Edificio con cerramientos acristalados a atrio, extraído del DB HE-3.....	52
3.6. Zonas climáticas en España, extraído de la World Wide Web: http://www.codigotecnico.org/index.php?id=611 . Presentación de Marzo de 2006 de Pedro Prieto, Jefe del departamento Doméstico y Edificios del IDAE.....	58
3.7. Componentes de un sistema solar básico con intercambiador incorporado al acumulador, elaboración propia.....	62
3.8. Sistema de control, elaboración propia.....	67
3.9. Esquema instalación fotovoltaica con conexión a Red, elaboración propia.....	72
3.10. Curva característica I-V célula fotovoltaica, extraído de la presentación de Julio de 2004 elaborada por el catedrático del departamento de tecnología electrónica de la universidad Carlos III de Madrid Dr. Emilio Olías Ruíz	73
4.1. Formulario de descripción ECI de Albacete, salida del programa LIDER.....	80
4.2. Jerarquía de los elementos constructivos, elaboración propia.....	81
4.3. Categorías de materiales: base de datos de LIDER, elaboración propia.....	82
4.4. Categorías de vidrios: base de datos de LIDER, elaboración propia	82

4.5. Categorías de marcos: base de datos de LIDER, elaboración propia	82
4.6. Formulario de de definición de un material, salida del programa LIDER.....	83
4.7. Formulario de definición de un cerramiento, salida del programa LIDER.....	84
4.8. Formulario de descripción un vidrio, salida del programa LIDER.....	85
4.9. Formulario de definición de un marco, salida del programa LIDER....	86
4.10. Formulario de definición de un hueco, salida del programa LIDER..	87
4.11. Formulario de opciones de espacio de trabajo, salida del programa LIDER.....	89
4.12. Formulario de opciones de construcción ECI de Albacete, salida del programa LIDER.....	90
4.13. Medidas de definición de un espacio, extraído del manual de usuario de LIDER.....	92
4.14. Formulario de edición de la planta 02 de ECI de Albacete, salida del programa LIDER.....	96
4.15. Formulario de edición de propiedades del espacio 1 de la planta 7 de ECI Albacete, salida del programa LIDER.....	98
4.16. Formulario de edición de Iluminación del espacio 4 de la planta 2 de ECI Albacete, salida del programa LIDER.....	98
4.17. Formulario de edición de propiedades del espacio 4 de la planta 2 de ECI Albacete, salida del programa LIDER.....	99
4.18. Formulario de edición de un forjado interior, salida del programa LIDER.....	100
4.19. Formulario de edición de un muro exterior, salida del programa LIDER.....	100
4.20. Formulario de edición de muro en contacto con el terreno, salida del programa LIDER.....	101
4.21. Formulario de edición de partición interior, salida del programa LIDER.....	101

4.22. Formulario de edición de propiedades de hueco de una ventana, salida del programa LIDER.....	102
4.23. Posicionamiento y medidas de huecos de ventana, elaboración propia.....	102
4.24. Dimensiones de voladizo y salientes laterales, salida del programa LIDER.....	103
4.25. Dimensiones de un dispositivo de lamas horizontal y vertical, salida del programa LIDER.....	103
4.26. Vista tridimensional de ECI Albacete (fachada norte), salida del programa LIDER.....	104
4.27. Vista tridimensional de ECI Albacete (fachada sur), salida del programa LIDER.....	104
4.28. Demanda del edificio objeto frente a la del edificio de referencia, resultado de salida del programa LIDER.....	105
5.1. Vista 3D ECI de Albacete (fachada norte), salida del programa CALENER_GT.....	113
5.2. Vista 3D ECI de Albacete (fachada sur), salida del programa CALENER_GT.....	113
5.3. Generación de energía eléctrica y ACS mediante paneles solares), salida del programa CALENER_GT.....	115
5.4. Horario laborable diario de funcionamiento de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.....	116
5.5. Horario semanal de funcionamiento de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.....	117
5.6. Horario diario de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.....	117
5.7. Modo de operación y control T del agua circuito de agua fría, , salida del programa CALENER_GT.....	120
5.8. Modo de operación y control T del agua circuito de agua caliente, salida del programa CALENER_GT.....	121
5.9. Esquema de la sección de una UTA de ECI de Albacete, elaboración propia.....	125

5.10. Formulario de descripción y geometría de la planta baja de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.....	132
5.11. Formulario de ocupación equipos e infiltración de la planta baja de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.....	133
5.12. Formulario de iluminación natural y artificial de la planta baja de ECI de Albacete, salida del programa CALENER_GT.....	136
5.13. Clases de eficiencia energética, adaptado del manual de usuario de CALENER_GT.....	141
5.14. Etiqueta global de eficiencia energética ECI de Albacete, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	142
6.1. Porcentaje de demanda de calefacción y de refrigeración, resultado de salida del programa LIDER.....	164
6.2. Etiqueta global, energía y emisiones de ECI de Albacete, adaptado de los resultados del programa CALENER_GT.....	165
6.3. Etiqueta global, energía y emisiones de ECI de Albacete con los sistemas más eficientes, adaptado de los resultados del programa CALENER_GT.....	166

ÍNDICE DE GRÁFICAS

3.1. Recta de normalización, adaptado de los apuntes "El colector plano de energía solar" de 2005 de la universidad Carlos III de Madrid, elaborados por Marcelo Izquierdo Millán.....	64
3.2. Declinación, adaptado de los apuntes "Radiación Solar" de 2005 de la universidad Carlos III de Madrid, elaborados por David Ardoz del Val.	
5.1. Control progresivo, extraído del manual técnico de CALENER _GT.....	135
5.2. Control progresivo/apagado, extraído del manual técnico de CALENER _GT.....	135
5.3. Control por etapas, extraído del manual técnico de CALENER _GT.....	136
5.4. Emisiones de CO ₂ de ECI de Albacete en Kg CO ₂ , resultado de salida del programa CALENER_GT.....	144
5.5. Consumo de energía primaria de ECI de Albacete en KWh, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	144
5.6. Energía primaria de tipo eléctrico, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	146
5.7. Emisiones anuales de CO ₂ de ECI de Albacete, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	147
5.8. Variación de los índices de emisiones de CO ₂ el con VEEI, elaboración propia.....	150
5.9. Variación de los índices de demanda con el VEEI, elaboración propia.....	151
5.10. Comparativa emisiones anuales de CO ₂ del centro con VEEI=6 y con VEEI =3, resultado de salida del programa CALENER_GT.....	152
5.11. Variación de los índices de emisiones de CO ₂ con el EER, elaboración propia.....	154
5.12. Variación de los índices de demanda con el EER, elaboración propia.....	155
5.13. Energía final anual consumida por los ventiladores, elaboración propia.....	157

5.14. Índices de emisiones de climatización según tipo de control, elaboración propia.....158

5.15. Índices de emisiones globales según tipo de control, elaboración propia.....158

5.16. Comparativa emisiones anuales totales para cada uno de los sistemas del edificio.....159

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

BOE. (2007). REAL DECRETO 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Recuperado en, Septiembre 23, 2008, de la World Wide Web:

http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2007/02007

Universidad Autónoma de Madrid. (2003). Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Recuperado en, Septiembre 22, 2008, de la World Wide Web: http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/pmoron/Docs/la_directiva.pdf

Lecuona Neumann, A. (2006). "Ingeniería, Sociedad y Recursos Energéticos". Apuntes de la asignatura Ingeniería Energética de la Universidad Carlos III de Madrid.

Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. (1987). Un Documents Cooperation Circles Gathering a Body of Global Agreements. Recuperado en, Septiembre 22, 2008, de la World Wide Web <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

Código Técnico de la Edificación. (2007). Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE. Recuperado en, Septiembre 25, 2008 de la World Wide Web: <http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>

Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER). (2005). IDAE. Recuperado en Octubre 3, 2008, de la World Wide Web: [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_PER_2005-2010_8_de_gosto-2005_Completo.\(modificacionpag_63\)_Copia_2_301254a0.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_PER_2005-2010_8_de_gosto-2005_Completo.(modificacionpag_63)_Copia_2_301254a0.pdf)

Guía Técnica del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2005). Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios. Recuperado en, Octubre 2, 2008 de la World Wide Web http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_13692_35a2ec27.pdf

Ardoz del Val, D. (2005). "Radiación Solar. Sistemas de Agua caliente sanitaria. Calefacción solar" apuntes de la asignatura Energías renovables de la Universidad carlos III de Madrid.

BOE REAL DECRETO 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

Recuperado en, Octubre 10, 2008 de la World Wide Web

http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2002/17421

Izquierdo Millán, M. (2005) "El colector solar plano". Apuntes de la asignatura Energías Renovables de la universidad Carlos III de Madrid.

Chinchilla, M. (2006) "Nuevas Fuentes de Energía". Apuntes de la Universidad Carlos III de Madrid.

LIDER v1.0 Manual de Usuario. (2008). Código Técnico de la Edificación.

Recuperado en, Septiembre 21, 2008 de la World Wide Web:

http://www.codigotecnico.org/fileadmin/Ficheros_CTE/Documentos/ManualLIDER.pdf

CALENER GT Manual de Usuario. (2008). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Recuperado en Octubre 20, de la World Wide Web:

<http://www.mityc.es/NR/ronlyres/7231BD11-D0FA-4B30-8BD4-091071EBBFBD/0/2ManualUsuario.pdf>

CALENER GT Manual Técnico. (2008). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Recuperado en Octubre 20, de la World Wide Web:

<http://www.mityc.es/NR/ronlyres/2D43945E-590A-4118-83C0-3A2CF4FA9B4D/0/4ManualTecnico.pdf>

CALENER GT Manual de Referencia. (2008). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Recuperado en Octubre 20, de la World Wide Web:

<http://www.mityc.es/NR/ronlyres/C995D506-CB38-4609-969A-846BEE0D8E7F/0/3ManualReferencia.pdf>

De vega Blázquez, M. (2005). "cargas térmicas". Apuntes de la asignatura Calor y Frio Industrial de la universidad Carlos II de Madrid.

Catálogo de Elementos Constructivos (CEC). (2007). Código Técnico de la Edificación. Recuperado en Noviembre 4, 2008 de la World Wide Web:

[http://www.dipalme.org/Servicios/Informacion/Informacion.nsf/d5eda4da81a73132c1256fcb005a3b1b/2777038571b6a4e6c125728100468ee4/\\$FILE/Catalogo%20materiales-CTE.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Informacion/Informacion.nsf/d5eda4da81a73132c1256fcb005a3b1b/2777038571b6a4e6c125728100468ee4/$FILE/Catalogo%20materiales-CTE.pdf)

De vega Blázquez, M. (2005). "instalaciones de aire acondicionado". Apuntes de la asignatura Calor y Frio Industrial de la universidad Carlos II de Madrid.