



Universidad de Valladolid

Metodología BIM para la certificación
de la eficiencia energética de los edificios

Aplicación práctica en el ejemplo de la casa Turégano



Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid

Miguel Rueda Garcia
Tutor: Miguel Angel Padilla Marcos

- 0 **Introducción**
 - 0.1 Abstract
 - 0.2 Motivaciones
 - 0.3 Agradecimientos
- 1 **BIM**
 - 1.1 ¿Qué es BIM? – Conceptos básicos
 - 1.1.1 El modelo digital
 - 1.1.2 La metodología de trabajo
 - 1.1.2.1 Los niveles de madurez BIM
 - 1.2 ¿Cómo evoluciona un proyecto BIM? – El proceso proyectual
 - 1.2.1 Las 7 dimensiones de BIM
 - 1.2.2 Los Plugins
 - 1.3 ¿Cómo surge BIM? – Síntesis histórica
 - 1.4 ¿Cómo se implanta BIM? – El sistema en el Mundo, es Europa y en España
 - 1.4.1 BIM en el mundo y Europa
 - 1.4.2 BIM en España
 - 1.5 ¿Qué BIM? – Softwares
- 2 **Eficiencia energética**
 - 2.1 Las directivas europeas
 - 2.2 El real decreto español
 - 2.3 Criterio de evaluación y certificación energética
 - 2.4 Documentos básicos HE0 y HE1
- 3 **Aplicación práctica**
 - 3.1 La casa Turégano. Ejemplo de aplicación práctica
 - 3.2 El diseño
 - 3.3 El modelo energético
 - 3.3.1 Autodesk Insight
 - 3.4 La calificación y certificación energética
 - 3.5 Herramientas compatibles con BIM
 - 3.5.1 CYPETherm HE Plus
 - 3.5.2 ApliCAD CTE+HULC
 - 3.6 Herramientas no compatibles con BIM
 - 3.6.1 CE3X
 - 3.6.2 CERMA
- 4 **Conclusiones sobre el estudio realizado**
 - 4.1 Valoraciones globales
 - 4.2 Evaluación de las herramientas
 - 4.3 Conclusiones Finales
- 5 **Anexos: resultados de las certificaciones energéticas**
- 6 **Bibliografía y Webgrafía**

Palabras Clave: BIM, eficiencia energética, certificación, REVIT, Autodesk Insight, CYPETherm HE, HULC, ApliCAD CTE, CE3X, CERMA

0

INTRODUCCIÓN

Abstract, Motivaciones y Agradecimientos

0.1 Abstract

El método de trabajo BIM es una tecnología en constante desarrollo que progresivamente está ganando importancia en el sector de la arquitectura y la construcción. El creciente apoyo de los gobiernos con planes de integración, como en el caso de España, convierten a este método de trabajo en un valor en alza. Además, son cada vez más las acciones llevadas a cabo buscando la obligatoriedad de uso de esta herramienta cuya finalidad principal es la optimización de los procesos productivos.

La promoción de este instrumento, unido a la mejora de la eficiencia energética de los edificios, se han convertido en dos aspectos esenciales en la hoja de ruta en este sector para los próximos años. En referencia a la cuestión energética, el fin último es alcanzar el consumo y emisión nulos en los edificios. Para alcanzarlo, las administraciones promueven el desarrollo de normativas más restrictivas, y cada vez son más los protocolos emitidos por empresas externas para evaluar el ahorro energético en nuestros edificios.

Este trabajo trata de condensar ambos conceptos, centrando sus esfuerzos en realizar un estudio comparativo de varios instrumentos de análisis, verificación y certificación energética, evaluando su compatibilidad con el sistema BIM. En este caso, se utilizará el software REVIT 2018 y varias herramientas de verificación de normativa y calificación energética reconocidas por la administración pública española. Para el estudio, se establecerán unos criterios comunes. Como conclusión, se destacará la idoneidad de la herramienta CYPETherm HE para un análisis más exhaustivo y el software CE3X en caso de utilizar un método simplificado.

BIM methodology is a constantly developed technology that is progressively gaining importance in the architecture and construction sector. The growing support of governments with integration plans, as in the case of Spain, turn this method of work into a rising value. In addition, more and more actions are carried out seeking the mandatory use of this tool whose main purpose is the optimization of production processes.

The promotion of this tool, together with the improvement of the energy efficiency of buildings, have become two essential aspects in the roadmap in this sector for the coming years. In reference to the energy issue, the ultimate goal is to achieve zero emission and consumption in buildings. In order to achieve this objective, the administrations promote the development of more restrictive regulations, and increasingly there are protocols issued by external companies to evaluate energy savings in our buildings.

This paper tries to condense both concepts, focusing its efforts on a comparative study of several energy analysis verification and certification gadgets, evaluating their compatibility with the BIM system. In this case, the BIM REVIT 2018 software and several tools for verification of regulations and energy qualification recognized by the Spanish public administration, are going to be used as a part of the analysis. For the study, common criteria will be established. In conclusion, the suitability of the CYPETherm HE tool for a more exhaustive analysis and the CE3X software in case of using a simplified method should be highlighted.

0.2 Motivaciones y objetivos

La motivación a la hora de realizar este trabajo nace del creciente auge que la tecnología BIM y la eficiencia energética están experimentando tanto en nuestro país como a nivel global, Es por ello, que el objetivo de este trabajo consiste en elaborar un documento de referencia, tanto para estudiantes como para agentes de la construcción. a la hora de realizar estudios energéticos, aprovechándose de las numerosas herramientas que BIM ofrece.

Ambos campos tienen grandes perspectivas de desarrollo y evolución, y es por ello necesario una labor de difusión, que ayude a contribuir en su conocimiento, aprovechando la potencialidad de las diferentes herramientas disponibles, para exprimir sus beneficios al igual que detectar sus carencias en vistas a su progreso.

Asimismo, y a nivel personal, busco que este trabajo sirva para ampliar mi formación en este extenso campo, en vistas a controlar de manera adecuada los distintos programas para poder hacer uso de ellos en un futuro.

0.3 Agradecimientos

A mi familia, a mis amigos y a Gante, mi hogar durante este año.

1

BIM

Tecnología y Metodología

La metodología de trabajo BIM se está convirtiendo en una herramienta indispensable en la práctica de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Cada vez se oye más hablar de ella, pero pocos saben en qué consiste realmente.

Comenzando por su sigla, BIM es el acrónimo de **“Building Information Modeling”**, es decir, “Modelado de información de la construcción”, en este amplio campo de la construcción, se incluyen tanto edificios como infraestructuras urbanísticas y de obra civil, aunque este documento se centrará más en el ámbito de la edificación, al estar directamente relacionado con la carrera del arquitecto.

Antes de comenzar con el trabajo, cabe destacar que este sistema se encuentra en constante desarrollo y evolución. A pesar de ello y de su creciente promoción, el método está más implantado en los países sajones (como Estados Unidos o Reino Unido) y en el caso de nuestro país queda un largo camino para llegar a su nivel. Este factor determina que mucha de la información de este documento se tenga que adaptar en cuestiones de lenguaje, terminología o métodos, al no estar lo suficientemente desarrollada en nuestro país.

1.1 ¿Qué es BIM?

Con el objetivo de obtener una visión completa de lo que significa este concepto, se presentarán varias definiciones para poder realizar un compendio de todas ellas.

BIM (Building Information Modelling)

1. *“Digital representation of physical and functional characteristics of a facility creating a shared knowledge resource for information about it and forming a reliable basis for decisions during its life cycle, from the earliest conception to demolition”*

“Representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio o infraestructura que crea un sistema de información compartida para obtener información sobre él y forma una base sólida y de confianza para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, desde la primera concepción hasta la demolición”

(US National BIM Standards Committee (NBIMS))

2. *“Metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.”*

(Building SMART)

3. *“Metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de una maqueta digital. Esta maqueta digital conforma una gran base de datos que permite gestionar los elementos que forman parte de la infraestructura durante todo el ciclo de vida de la misma”*

(esBIM)

Analizando las anteriores definiciones, entendemos que BIM se trata de una metodología de trabajo colaborativo que se encarga de documentar y simular todo el ciclo de vida de la edificación y las infraestructuras a través de un modelo digital base con toda la información útil para los distintos agentes implicados en el proyecto durante las fases del mismo.

Todas las definiciones comparten dos elementos esenciales: el **modelo digital** y la **metodología de trabajo**.

1.1.1 El modelo digital

El modelo BIM es el conjunto de los **equivalentes virtuales** de los elementos constructivos de un edificio. Estos elementos inteligentes son el prototipo digital de los componentes físicos (muros, pilares, forjados, huecos, escaleras...) que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno computerizado antes de que se inicie su construcción real.

Este prototipo virtual tiene dos funcionalidades principales: **visualización y gestión de información**. La visualización engloba todas las funcionalidades relativas a la parte gráfica del modelo. Por otro lado, la información contiene todos los datos relativos al proyecto. Ambas funcionalidades se retroalimentan, ya que cualquiera de las modificaciones que se realicen en uno de los 2 campos, va a tener su consiguiente resultado en el otro.

El modelo contiene la **información de forma estructurada** y de él se puede extraer cualquier documentación de construcción que se desee: planos 2D, vistas 3D, listados totales y parciales (mediciones, características, etc.). en función de la información con la que se haya enriquecido el modelo.

Sobre la información contenida en el modelo se pueden realizar **pruebas virtuales** (simulaciones) para la comprobación del funcionamiento de instalaciones, comportamiento energético, evacuación, flujos, coordinación de trabajos en obra, eficiencia de las medidas de seguridad, seguridad vial, operaciones etc.

El modelo puede contener, tanto información preexistente de la construcción a gestionar, como información relativa a las diferentes fases de las que se va a realizar dicha gestión. Es por ello que permite el análisis de estados sucesivos de la construcción, así como la programación de las acciones a ejecutar sobre la misma.

Aunque conceptualmente el modelo BIM es un **modelo centralizado**, habitualmente se compone de varios submodelos que describen partes bien definidas del edificio o infraestructura, véase modelo estructural, modelo MEP o **modelo energético**, en el que se centrará este trabajo.

Este modo de visualización interactiva facilita la comunicación entre los agentes implicados en el proyecto, a la vez que contribuye a centralizar el conocimiento que estos tienen sobre los que se está proyectando. De este modo, la información se encuentra en un constante ciclo de procesamiento, como se explica en el siguiente esquema.



1.1.2 La metodología de trabajo

Para la explicación del siguiente apartado, se tendrá en cuenta las normativas BS 1192 y PAS 1192-2 desarrolladas por la British Standard Institution. Estas normas han sido recientemente sustituidas por la norma BS EN ISO 19650-1 y BS EN ISO 19650-2, respectivamente, que recopilan gran parte de la información y las convierte en normas internacionales.

BS EN ISO 19650-1

Organización de la información sobre trabajos de construcción – Gestión de la información en el uso del BIM, Parte 1: Conceptos y principios (Concepts and Principles)

BS EN ISO 19650-2

Organización de la información sobre trabajos de construcción – Gestión de la información en el uso del BIM, Parte 2: Fase de diseño y producción de los inmuebles (Delivery phase of the assets).

Estas normas, serán complementadas a principios de 2020 con otra serie de normas complementarias como la BS EN ISO 19650-3 y BS EN ISO 19650-5, que hablarán de la gestión y mantenimiento de los inmuebles, y de especificaciones BIM orientadas a la seguridad, espacios digitales integrados y gestión eficiente de activos inmobiliarios,

A pesar de la aparición de estas nuevas reglas, se tomarán como referencia la metodología de las normas de la British Standard Institution, al estar accesibles de manera gratuita y contener la misma información.

El objetivo principal de esta normativa, es el establecimiento de un método que permita gestionar la información de manera eficaz, facilitando la comunicación entre los distintos agentes implicados. Para ello, se necesita definir 3 elementos principales.

1. Protocolo BIM

Se trata de un acuerdo legal que permite que un proyecto en BIM se desarrolle sin problemas. En este documento se establece pautas como el papel del **gestor de la información** y las **normas** incorporadas a seguir para todos los miembros del equipo. Además, obliga a los proveedores a proporcionar datos BIM en los niveles de detalle especificados y proporciona la protección necesaria a los productores de la información por medio de licencias específicas de BIM.

2. Plan de Ejecución BIM – BEP (BIM Execution Plan)

Es un documento compartido y admitido por todas las partes del proceso BIM en el cual se fija de qué manera trabajarán juntos los distintos agentes para alcanzar los estándares del EIR* **Employers Information Requirements**.

Incluye los **agentes implicados** en el proceso y su papel, los **entregables y el tiempo de entrega** asociado a cada uno de ellos, los **procesos de intercambio**, la autoría y coordinación de los modelos y la MET* Model Element Table.

***EIR**: documento que especifica las necesidades del cliente para cada etapa del proceso constructivo en materia de modelado. Este documento es fundamental para escribir el BEP. Por lo general, se compone de tres áreas diferentes: Requisitos Técnicos, Requisitos de Gestión y Requisitos Comerciales.

***MET**: tabla utilizada para identificar a la parte responsable de generar y administrar los modelos BIM y a qué nivel de desarrollo. La MET normalmente incluye una lista de componentes de modelo en el eje vertical y los hitos del proyecto (o fases del ciclo de vida del proyecto) en el eje horizontal.

3. Entorno de Datos Colaborativo– CDE (Common Data Environment)

Una de las condiciones indispensables para realizar un buen proyecto BIM es la gestión estructurada de la información y el intercambio de la misma. BIM está pensado para que la información pueda ser gestionada por diferentes herramientas informáticas, extrayendo los datos de partida del modelo, gestionándolos, para ser devuelta posteriormente al mismo. Para ello, debe establecerse una **plataforma de trabajo común e interconectada**.

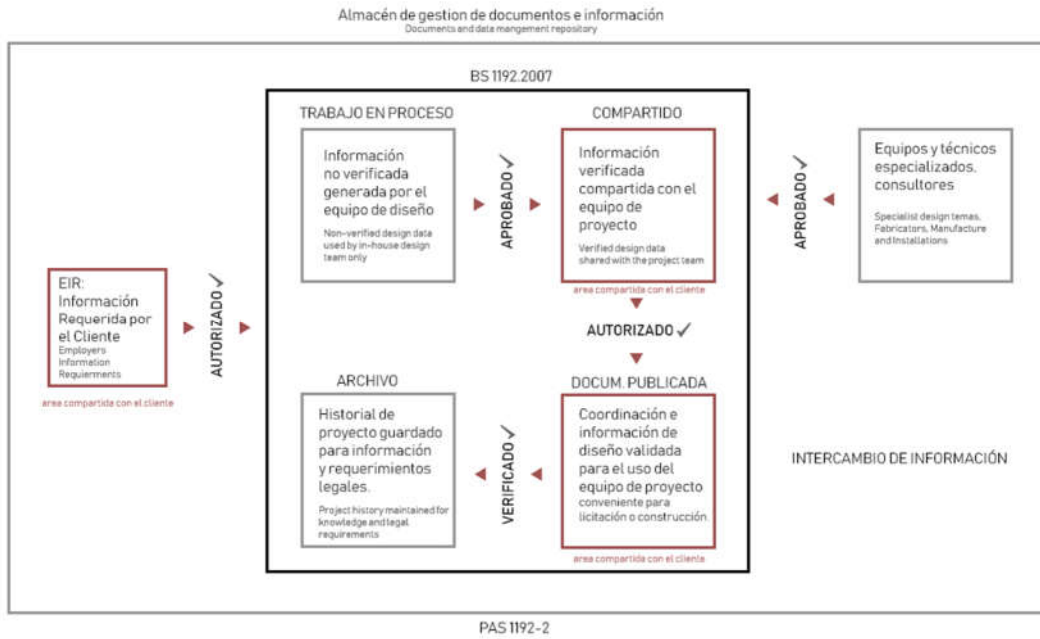
“Un tablero de juego, en donde participan muchos jugadores, con intereses y responsabilidades muy diversas, pero con reglas de juego comunes para todos”

Manuel Bouzas Cavada
BIM Manager

Esa plataforma común de trabajo es el Entorno de Datos Comunes (**CDE**), llamado más comúnmente **Entorno Colaborativo**. Esta herramienta permite recopilar, gestionar y difundir datos de modelo y documentos del proyecto entre equipos multidisciplinares en un proceso gestionado, transparente y controlable, independientemente de su tamaño.

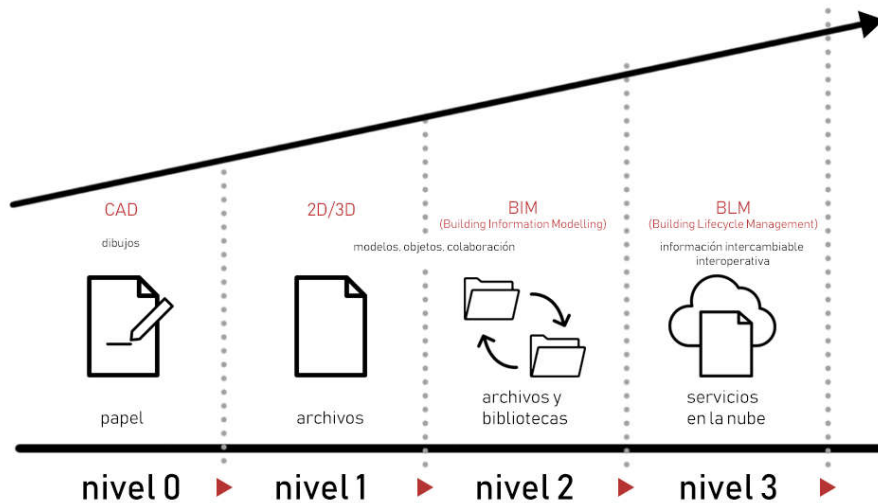
De este modo, la información sólo se genera una vez, y se utiliza las veces que sea necesario por los diferentes colaboradores del proyecto. Esto optimiza enormemente la cadena productiva, así como el enriquecimiento de la información de manera ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Hay que remarcar en un CDE, que el control y la responsabilidad sobre la información pertenece a quien la genera. Aunque pueda compartirse y reutilizarse, solo su propietario la puede modificar. Es por ello que la gestión de accesos es un factor esencial a la hora del desarrollo de esta plataforma. Según la normativa PAS 1192-2, el entorno colaborativo se lleva a cabo a través del siguiente proceso.



1.1.1.1 Los niveles de madurez BIM

La metodología de trabajo de BIM tiene distintas fases de madurez clasificadas en **4 niveles** que evalúan la capacidad para operar e intercambiar información. A pesar de que la definición de los niveles no es del todo exacta y está en proceso de consolidación, **Bew & Richards** plantean el siguiente gráfico donde se explican dichos niveles.



NIVEL 0/LEVEL 0 BIM

En este nivel no existe colaboración alguna y el usuario se limita a la **utilización del software CAD** para crear planos y detalles constructivos en 2D. La información generada se distribuye en papel o documentos electrónicos. A partir del siguiente nivel, la colaboración comienza a estar presente progresivamente en mayor medida.

NIVEL 1/LEVEL 1 BIM

La colaboración no está del todo establecida. Este nivel supone una combinación del **diseño 3D** para el trabajo conceptual con **2D** para la elaboración la documentación reglamentaria y el desarrollo de la información de producción. El intercambio digital de datos se lleva a cabo desde un entorno de datos común (CDE en sus siglas en inglés), casi siempre administrado por el contratista.

Según Scottish Futures Trust, organismo escocés público de infraestructura, para alcanzar el nivel 1 BIM se deben cumplir las siguientes exigencias:

- A. Establecimiento de responsabilidades y roles
- B. Acuerdo de convenios de denominación
- C. Establecimiento de códigos específicos del proyecto y la coordinación espacial del proyecto.
- D. Adopción de un "entorno de datos común" (CDE), para permitir que la información se comparta entre todos los miembros del equipo del proyecto.
- E. Se debe acordar una jerarquía de información adecuada que respalde los conceptos de el CDE y el repositorio de documentos.

NIVEL 2/LEVEL 2 BIM

Es en el nivel 2 BIM donde la colaboración se convierte en el principal factor. Para ello se requiere de un proceso de intercambio de información que sea específico para ese proyecto y coordinado entre varios sistemas y participantes del proyecto. Dicho de otra manera, aunque cada una de las partes usa su propio modelo 3D, este no tiene porqué ser único y compartido. Podemos utilizar varios modelos específicos como se mencionó con anterioridad, pero al final todos serán compartidos.

Toda esa información se debe compartir mediante un formato de archivo común, lo que permite que cualquier agente del proyecto pueda combinar esos datos con los suyos propios. Por tanto, es importante que el software de CAD que use cada una de las partes pueda exportar su archivo a un **formato común**, como IFC. Este es el método de trabajo que se ha establecido como un objetivo mínimo por parte del gobierno del Reino Unido para todos los proyectos de trabajo en el sector público.

NIVEL 3/LEVEL 3 BIM

Aunque el nivel 3 BIM aún no se ha definido completamente, se concibe como una colaboración plena entre cada una de las partes, trabajando sobre un modelo único en tiempo real, según el plan estratégico del Reino Unido. Dentro de este plan, se han indicado una serie de **medidas clave**:

- A. Nuevos estándares internacionales de 'Datos abiertos' que allanarían el camino para compartir fácilmente los datos en todo el mercado
- B. Nuevo marco contractual para proyectos que se han adquirido con BIM para garantizar la coherencia, evitar confusiones y fomentar el trabajo abierto y colaborativo.
- C. Un entorno cultural cooperativo, para aprender y compartir.
- D. Capacitar al cliente del sector público en el uso de técnicas BIM como, por ejemplo, requisitos de datos, métodos operativos y procesos contractuales.
- E. Impulsar el crecimiento nacional e internacional y los empleos en tecnología y construcción.

Los formatos Open BIM y la estructuración de la información serán los garantes del proceso de transmisión de la información. La combinación de BIM con sistemas de información y comunicación aportará transparencia, trazabilidad y claridad a la comunicación entre agentes participantes del proceso constructivo, así como garantía de certidumbre en la toma de decisiones.

1.2 ¿Cómo evoluciona un proyecto BIM?

Como se ha explicado con anterioridad, el ciclo de vida de un proyecto BIM comienza con el concepto, y finaliza con el derribo (y posible reciclaje) del edificio en cuestión. Este ciclo de vida puede dividirse en las 7 dimensiones de BIM.

1.2.1 Las 7 dimensiones de BIM

1D Idea

Se parte de un concepto, una idea. En esta dimensión se define la localización del proyecto y unas primeras estimaciones relativas a la forma (áreas, volumetría), a los costes o a los volúmenes de materiales, entre otros. Finalmente, se esboza un plan de ejecución inicial.

2D Boceto

El software se prepara para generar el modelo y con ello se determinan las características iniciales del proyecto. Esta dimensión consiste en la preparación de la modelación del edificio virtual, a través del planteamiento de los materiales, la estimación de las cargas estructurales y energéticas y el establecimiento de las bases para la sostenibilidad del proyecto.

3D In(Forma)ción

Tras haber recolectado toda la información previa, se generará el modelo 3D, la base para el resto del ciclo de vida del proyecto. Este modelo no solo da forma a la idea, sino que también incorpora toda la información que se necesitará para las siguientes dimensiones. Aquí se define el modelo visual con doble función del que se habló con anterioridad, visualización y gestión de la información.

4D Tiempo

La cuarta dimensión se añade al proyecto, el tiempo convierte el modelo en algo dinámico. Este apartado se distingue por definir las fases del proyecto, la secuencia del proceso constructivo, establecer su planificación temporal. Se pueden añadir además elementos de apoyo al proceso constructivo, como andamiajes, vallados o grúas entre otros. Además, cada vez son más las aplicaciones que permiten controlar y supervisar el proceso a pie de obra, gracias a la sincronización con dispositivos móviles.

Por otro lado, se pueden realizar simulaciones de parámetros temporales (ciclo de vida, sol, viento, energía...) Se profundizará en esta fase a medida que se avanza en el trabajo.

5D Coste

Esta dimensión se encarga de todo lo referente al control de costes y estimación de gastos del proyecto. A medida que se establecen bibliotecas de datos basadas en proyectos, se permitirá acceder a la información para compilar los planes de costos. Esta información podría incluir datos de costos comparativos de la industria, costos de giro y demás factores. El principal objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto.

6D Simulación

En ocasiones llamada Green BIM o BIM verde, consiste en simular las posibles alternativas del proyecto para finalmente llegar a la alternativa óptima a la hora de gestionar su ciclo de vida (Facilities Management). Esta herramienta opera activos construidos, y todo ello antes de comenzar con la obra. Con los datos de mantenimiento, vida útil y rendimiento energético de los diferentes componentes, pueden determinarse los costos de esas actividades y crear perfiles de gasto a lo largo del ciclo de vida del edificio, planificando previamente el mantenimiento con años de antelación.

7D Manual de instrucciones

Consiste en el conjunto de instrucciones y recomendaciones que hay que seguir durante la vida del proyecto, una vez construido, para su uso y mantenimiento, véase inspecciones, reparaciones o mantenimientos.

Estas 7 dimensiones, van añadiendo sucesivamente información al proyecto, lo que provoca que el modelo se encuentre en un constante proceso de retroalimentación, como ya se explicó en el apartado 1.1.1 el modelo digital, de tal modo que en cualquier momento realidad y modelo son idénticos.

1.2.2 Los plugins

Un modelo BIM no funciona por sí solo, necesita del apoyo de una aplicación que le permita desarrollar sus diferentes dimensiones. Sin embargo, el programa base no es capaz de abordar todas las funcionalidades que se pueden extraer del modelo BIM, es por ello que numerosas empresas informáticas han desarrollado plugins que complementan y completan la información del modelo. Se pueden destacar, entre muchas, las siguientes.

Simulaciones

Cada vez encontramos más softwares capaces de simular diferentes condiciones de un edificio. Para ello, los diferentes elementos y componentes con los que se ha construido el modelo necesitarán contener la información necesaria para poder realizar dichas simulaciones. Por otra parte, los fabricantes suelen ofertar gran cantidad de sus productos como librerías de bloques con todos los datos necesarios para poder utilizar simulaciones como: niveles de iluminación, comportamiento frente al fuego, flujos de personas, cálculo de transmitancias y pérdidas de calor o consumo de energía. El análisis de este documento se centrará mayoritariamente en las dos últimas.

Visualizaciones

A fin de cuentas, el modelo 3D no deja de ser un método de representación gráfica en forma de maqueta virtual a través de la cual se puede percibir el edificio desde diferentes puntos de vista tanto exteriores como interiores, incluso llegar a sumergirse dentro del mismo gracias a las técnicas de realidad virtual. Este tipo de visualizaciones pueden combinarse con los diferentes procesos constructivos del edificio (4D) para tener un mejor entendimiento de los mismos.

Planificación de seguridad en Obra

Como el modelo BIM contiene información detallada del estado del proceso constructivo, los estándares de seguridad exigidos se pueden revisar en todo momento. Se pueden considerar secuencias constructivas, restricciones de accesos, protecciones específicas entre otros. El proyecto BIM se actualiza también en la fase de planos as-built dentro del proceso constructivo. Esta información puede ser consultada y actualizada a pie de obra desde dispositivos móviles como tabletas o smartphones.

Reciclaje

En una posible demolición o reciclaje del edificio, BIM puede contener la información necesaria para una correcta demolición, así como las especificaciones de los materiales para un futuro reciclaje de los mismos, lo que puede llegar a convertirse en una herramienta proyectual.

Reformas/ Renovaciones/ Reacondicionamientos

La mayoría de los proyectos BIM se han realizado en obra nueva, sin embargo, cada vez son más las restauraciones, renovaciones y proyectos sobre edificios preexistentes los que se están

sumando a este método. A través del uso de escáneres laser, la información se convierte en una nube de puntos tridimensional, que puede ser importada dentro de un modelo BIM. Este método proporciona una gran precisión a la hora de concebir los primeros pasos del diseño constructivo.

Impresión 3D y construcción automatizada

Los modelos pueden ser exportados a softwares de impresión 3D tanto para imprimir maquetas a escala, como para llegar a construir partes o edificios en su totalidad. Por otra parte, la información de un componente puede convertirse en coordenadas XYZ, para generar piezas o elementos constructivos a través de máquinas de control numérico.

Infraestructura

La versatilidad de esta herramienta no es solo extrapolable a la edificación en sí, sino también a la ingeniería, la infraestructura y la obra civil. Es un punto de confluencia de muchas disciplinas, y por ello diversos grupos se han encargado los últimos años de diseñar un lenguaje común de trabajo para todas ellas. Ejemplo de ello son las diferentes aplicaciones de diseño y cálculo de estructuras e instalaciones.

Muchas de las herramientas explicadas con anterioridad se encuentran en fases de desarrollo o su uso está limitado a las grandes firmas internacionales, lo que deja a los profesionales convencionales fuera de su alcance, ya sea por una falta de medios o de formación.

Sin embargo, si las perspectivas de integración de esta metodología siguen la progresión alcanzada hasta el momento, gran parte de las herramientas mencionadas llegarán a convertirse en herramientas indispensables para el desarrollo de la profesión.

1.3 ¿Cómo surge BIM?

No hace mucho tiempo, la información del formato 2D generado a través del diseño asistido por ordenador, se limitaba al aspecto gráfico. En la actualidad, gracias a la creación del modelo BIM, el formato permite no solo almacenar la información 2D, sino el resto de dimensiones explicadas con anterioridad (3D, 4D, 5D, 6D, 7D), llegando al segundo, e incluso tercer nivel de información. En este apartado se resumirá lo que sucedió, para evolucionar desde los sistemas CAD, hasta BIM.

1.3.1 La visión de Englebart

La historia del sistema BIM se remonta a los inicios de la computación, cuando en 1962, **Douglas C. Englebart**, establece la base conceptual de esta tecnología en su artículo "Augmenting Human Intellect"

"The architect next begins to enter a series of specifications and data—a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it... These lists grow into an even more-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design."

"Posteriormente, el arquitecto comienza a ingresar una serie de especificaciones y datos: un forjado de losa de seis pulgadas, paredes de hormigón de doce pulgadas, de ocho pies de profundidad dentro de la

excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena refundida aparece en la pantalla. Una estructura está tomando forma. Lo examina, lo ajusta ... Estas listas se convierten en una estructura interconectada cada vez más detallada, que representa el pensamiento de maduración detrás del verdadero diseño.”

Douglas C. Englebart

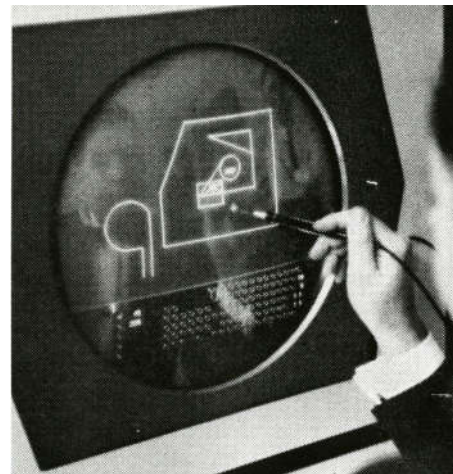
Englebart comienza a hablar de objetos que contienen información, la cual está vinculada a bases de datos. Asimismo, menciona el diseño paramétrico, modificable y ajustable. Todos estos conceptos se verán materializados en las sucesivas décadas.

1.3.2 La construcción del modelo

En el año 1963, **Ivan Sutherland** desarrolló el software Sketchpad, compatible con la interfaz gráfica SAGE, desarrollada por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). Desde entonces, diferentes programas de modelado de sólidos basados en la representación computacional de la geometría comenzaron a aparecer en los años 70 y 80. Estos programas utilizaban 2 métodos de visualización y registro de información:

- **CSG** – Constructive Solid Geometry – modelado a través de la combinación e intersección de formas primitivas sólidas o vacías.
- **BRep** – Boundary Representation – representación del sólido a través de un conjunto de superficies conectadas, que actúan como límite entre lo sólido y lo vacío.

En apoyo a estos softwares, surgen los primeros hardware **HCI** (**Human-Computer Interaction** / Interacción Persona-Computadora), como los light pen, con pantallas montadas en la punta, algo equiparable a nuestras tablets actuales. De esta manera, se mejora la funcionalidad de los programas.



*Fig. 1 : Jack Gilmore utilizando un light pen.
Fuente: Time (Beating the Language Barrier,
Time, March 2, 1962, Pg. 75)*

1.3.3 La información del modelo

En 1974, aparece la figura de **Charles Eastman**, uno de los padres del BIM. Formado en arquitectura y ciencias de la computación, criticaba la ineficiencia de la práctica arquitectónica, y las redundancias que muchas veces se producen. Además, criticaba los dibujos impresos, por su rigidez al no recopilar ni actualizar la información del edificio cuando este cambiase.

Por todo ello, desarrolló el proyecto **BDS** (Building Description System / Sistema de Descripción de Edificios), en vistas de conseguir una mayor eficiencia de redacción y análisis de los proyectos, reduciendo el costo de los mismos. BDS fue primer software capaz de crear con éxito bases de datos de edificios. Este programa necesitó de una **taxonomía de los elementos constructivos** de un edificio, que permitiese generar una biblioteca de objetos para formar el modelo en cuestión. Este programa utilizaba una interfaz basada en la visualización de modelo en perspectiva y vistas ortográficas, además de una **base de datos de los elementos constructivos**, con sus materiales y proveedor correspondientes. BDS fue un proyecto experimental, y pocos arquitectos pudieron trabajar con él.

Más tarde, en 1977, redactará **GLIDE** (Graphic Language for Interactive Design / Lenguaje Gráfico para el Diseño Interactivo) junto con **Max Henrion**, donde se planterán la mayoría de ideas que rigen una plataforma BIM moderna.

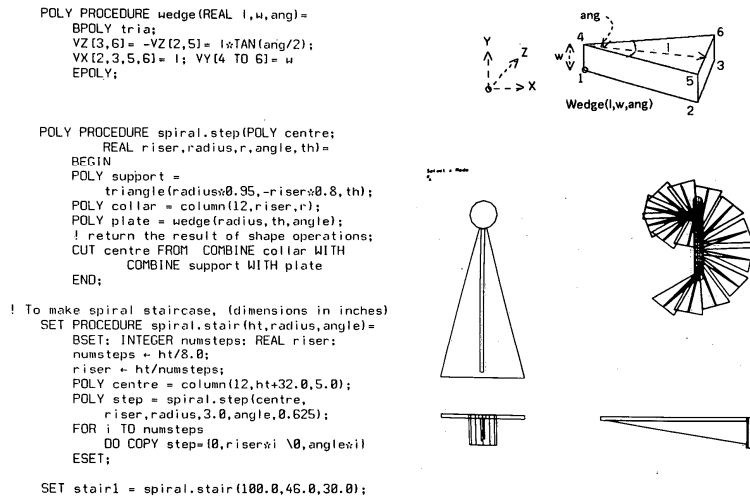


Fig 2: Ejemplo de producción de una escalera de caracol. Fuente: GLIDE (Graphic Language for Interactive Design)

Una década después, en 1988, la cuarta dimensión aparece en el modelo 3D. **Paul Teicholz**, desde el Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas (CIFE) desarrolló modelos con atributos de tiempo para la construcción.

Otra de las líneas de investigación que se llevó a cabo, fue la simulación de comportamientos del modelo según criterios de rendimiento. A partir de 1993, el **Lawrence Berkeley National Laboratory** desarrolló el **BDA** (Building Design Advisor / Asesor de Diseño de Edificios). Se trata de un gestor de datos y controlador de procesos, que genera automáticamente una respuesta para la toma de decisiones en un proyecto, a través de herramientas de simulación. También incluye asistente de optimización básicos para tomar decisiones según una serie de criterios, almacenados en grupos denominados “Solutions”.

1.3.4 Los principales softwares del mercado

Mientras los grupos de investigación americanos nombrados anteriormente producían todos esos avances, el Bloque soviético contaba con las dos personas que terminarían haciéndose con el mercado BIM tal y como se conoce en la actualidad. Ellos son **Gábor Bójar** y **Leonid Raiz**, respectivos fundadores de **ArchiCAD** y **Revit**.

Radar CH, germen de ArchiCAD, se comenzó a desarrollar en Budapest en 1982. Para ello, su creador tuvo que empeñar las joyas de su mujer y contrabandear ordenadores Apple a través de la cortina de hierro, para poder programar su aplicación. En 1984 Bójar lanzó Radar CH, compatible con el sistema operativo Apple Lisa, y posteriormente, terminaría convirtiéndose en **ArchiCAD**, el primer software BIM disponible en un PC. En sus inicios, sus limitaciones fueron importantes, y no se usó en proyectos de mayor escala hasta más tarde.

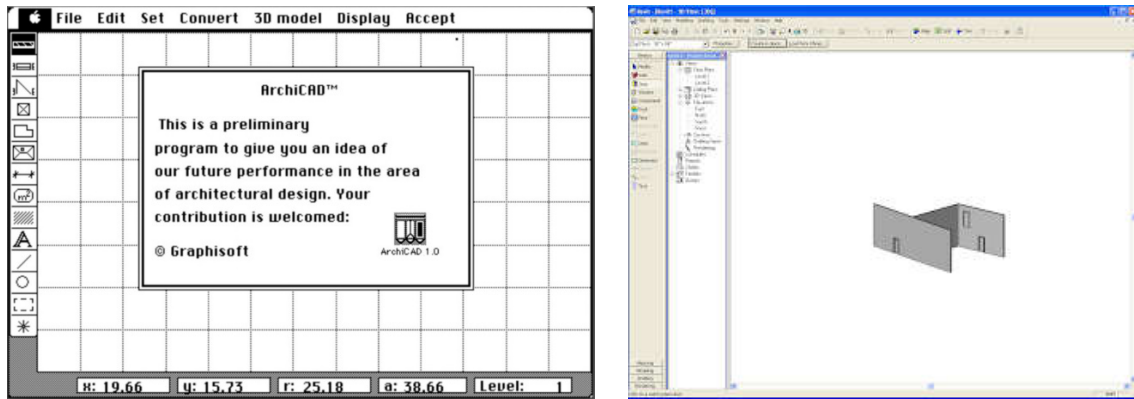


Fig 3: Imágenes de las primeras versiones de Archicad y Revit. Fuente: Graphisoft y <https://www.is/tag/revit-history/>

Al poco de comenzar a comercializarse, **PTC** (Parametric Technology Corporation), fundada en 1985, sacó al mercado **Pro / ENGINEER** en 1988. Un programa mecánico de CAD que se sirve de un motor de modelado paramétrico.

En el año 2000, **Irwin Jungrais** y **Leonid Raiz**, antiguos empleados de PTC, presentaron con su nueva empresa, Charles River Software, un programa llamado **Revit**, nombre que proviene de los términos “revision” y “speed”. Dos años más tarde, Autodesk de hizo con los derechos del software al comprar la compañía, y sustituyó su propio programa **Architectural Desktop**.

Uno de los primeros proyectos que implementó este software para su diseño y construcción fue la **Freedom Tower** de Nueva York, proyecto que sustituyó a las Torres Gemelas en el nuevo distrito de Manhattan One World Trade Center, iniciada en 2006. Consistió en una serie de modelos BIM vinculados y coordinados con bases de datos para la estimación de los costes y los materiales. Un software capaz de juntar la disciplina arquitectónica y la ingenieril, además de los contratistas, de manera simultánea.



Fig 4: Freedom Tower de Nueva York. Fuente. Joe Mabel

1.3.5 El modelo colaborativo

Los programas evolucionan, y con ello su nivel de madurez. La interdisciplinaridad de los proyectos cada vez es mayor, debido a la especialización de la profesión en el mundo de la construcción. Esta situación crea la necesidad de trabajar con protocolos y formatos comunes.

Con respecto a los protocolos, **Revit 6** (2004) dotó a un administrador u “owner” la capacidad de asignar permisos a los diferentes agentes o “borrowers” para poder trabajar en distintos aspectos dentro del proyecto arquitectónico. Estos permisos autorizan a cada uno de los agentes a poder modificar únicamente su parte del edificio.

En cuanto a los formatos comunes, se decide en 1995 crear el formato **IFC** (International Foundation Class), una forma común de trabajar con diferentes archivos referentes al modelo BIM. Herramienta fundamental en el análisis que se llevará a cabo en la última parte de este trabajo.

Ambos puntos se ven reforzados con la existencia de softwares capaces de visualizar y coordinar diferentes tipos de archivo. De esta manera, surge **Navisworks**, capaz de recolectar datos, realizar simulaciones y detectar incompatibilidades.

1.3.6 El panorama actual

A pesar de que los primeros softwares BIM van a cumplir 4 décadas en poco tiempo, ha sido en estos últimos años cuando tanto gobiernos como industrias han comenzado a ser realmente conscientes de los **beneficios que suponen este método**. Además, el **diseño sostenible** se ve reforzado con la gestión del ciclo de vida del edificio, aspecto muy a tener en cuenta en los próximos años, donde los desafíos como la práctica de la economía circular van a estar a la orden del día. Cabe señalar que **BIM continúa en constante evolución**, y que las nuevas tecnologías como el internet de las cosas, las redes 5G, la computación en la nube o la realidad aumentada, serán factores determinantes en la evolución de este tipo de softwares.

No obstante, la tecnología avanza cada vez de manera más rápida, y retomando en cierta manera las ideas **luditas** del s XIX, donde los artesanos protestaban contra la sustitución de sus oficios por máquinas, comienzan a aparecer detractores de BIM. Critican su excesiva intervención en el proceso creativo, relegando la toma de decisiones a la máquina.

1.4 BIM en el Mundo, Europa y en España

1.4.1 BIM en el Mundo y en Europa

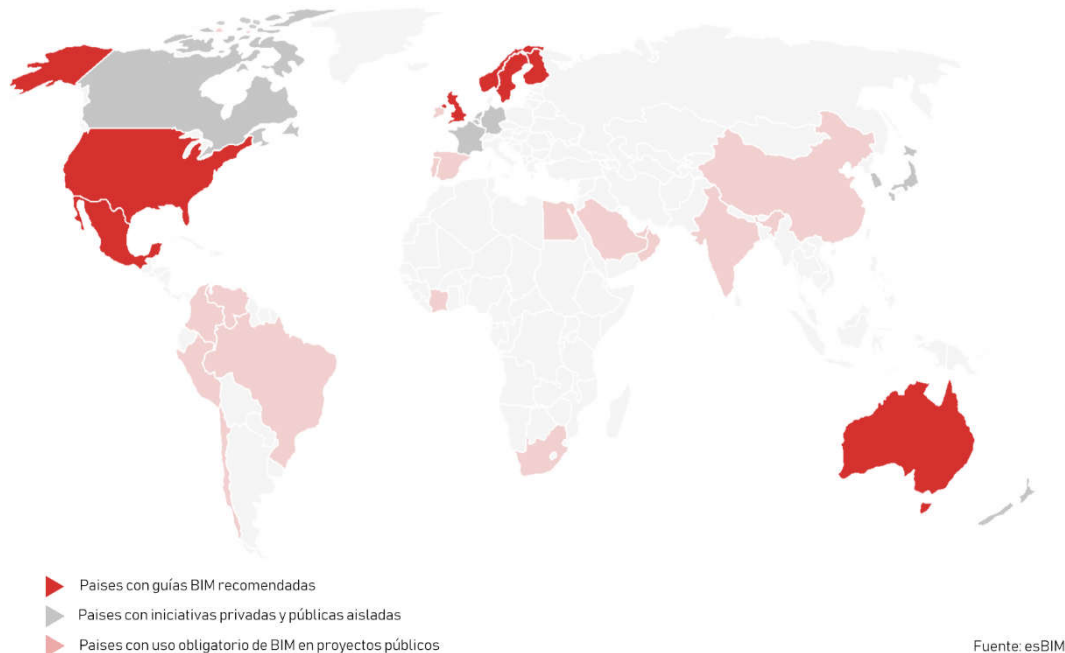


Fig 5: Grado de implantación de la tecnología BIM en el Mundo. Fuente: esBIM

Estados Unidos es pionera en esta tecnología desde que en 2003 se estableciese su Programa Nacional 3D-4D BIM. Una de las herramientas de difusión más importantes ha sido la utilización de esta metodología en proyectos públicos. Como resultado, el 50% de las empresas americanas había ya migrado al BIM en 2009. Por contra, **Canadá** no ha establecido estándares BIM por parte de su gobierno hasta 2015. En el caso de **Centroamérica** y **Sudamérica**, su implantación es más paulatina, pero se empieza a utilizar en proyectos de gran escala.

En el caso del continente asiático, los proyectos en formato BIM son obligatorios en **Dubai** desde 2003 y en **Corea del Sur** desde el 2016 para aquellos proyectos públicos de más de 50M\$. **Taiwán**, **Hong Kong** y **Japón** lideran la migración BIM con alrededor del 50% de las empresas trabajando en este formato. Por otro lado, países como **China** o **Singapur** están estableciendo estrategias de implantación a través de la implantación de Guías BIM.

Desde 2014 **Australia** y **Nueva Zelanda** disponen de una guía BIM para consultores, agencias gubernamentales y contratistas. Asimismo, en 2030 todo proyecto deberá ser presentado en formato BIM.

Algunos países europeos ya han formalizado una hoja de ruta gubernamental con el fin de implantar el uso de BIM en la redacción de proyectos, su ejecución y su posterior mantenimiento de forma progresiva.

Los países escandinavos lideran la transición BIM. **Noruega** y **Finlandia** comenzaron en 2007, haciendo especial hincapié en el caso de Noruega en la eficiencia energética, la coordinación y la optimización de errores. Dinamarca lleva desde 2011 obligando que todos los proyectos locales y regionales de más de

2,7M€, y todos los proyectos centrales mayores de 700.000€ se presenten en este formato. Por su parte, las empresas suecas utilizan esta tecnología de manera generalizada, tras haber homogeneizado estándares gracias a la creación de la **BIM Alliance Sueca**.

En el año 2012, se creó en **Holanda** el BIC (Building Information Council), y fruto de ello es que la gran mayoría de los proyectos se gestionen desde su diseño hasta su mantenimiento con esta tecnología.

El uso de BIM es de obligado cumplimiento para proyectos gubernamentales en **Reino Unido** desde 2016 y en **Rusia** desde este mismo año. Además, UK tiene numerosas legislaciones de referencia y el sistema se encuentra bastante integrado en todos los niveles del mercado.

Francia adoptó oficialmente el sistema BIM en proyectos de más de 20 millones de euros, aunque próximamente su obligatoriedad se extenderá a todos los proyectos. **Suiza** por su parte desarrolló una Guía Open BIM con estándares y regulaciones para realizar los proyectos. Por el contrario, en **Alemania** la iniciativa privada demanda más este sistema que la pública.

1.4.2 BIM en España

En España se viene utilizando BIM desde hace tiempo, tanto en fase de proyecto como en fase de ejecución, principalmente en el ámbito de la edificación. No obstante, la mayoría de ellos son casos aislados o proyectos singulares, aunque paulatinamente la metodología se empieza a hacer un hueco en el sector.

El interés es creciente, tanto en la arquitectura y la ingeniería como en el ámbito académico, y cada vez son más las experiencias y congresos organizados al respecto, como es el caso de **EUBIM**, celebrado en Valencia o **BIMTECNIA**, en Valladolid, con varias ediciones a sus espaldas.

Con respecto al proceso de implantación en términos legales, cabe destacar que los precursores de la inclusión de esta tecnología fueron la **Generalitat de Catalunya** y el **Ayuntamiento de Barcelona** en **2014**, suscribiendo un manifiesto para la implantación del modelado de información en las obras con un presupuesto mayor a 2 millones de euros a partir de 2018, con la consiguiente creación de un pliego de condiciones a finales de 2015.

En Julio de 2015, el **Ministerio de Fomento** crea la “Comisión para la Implantación de la Metodología BIM”, en vistas a establecer un calendario para la adaptación de la normativa para su uso generalizado en nuestro país, desarrollando asimismo unos estándares nacionales y un plan académico de formación en este sistema.

El Ministerio de Fomento anuncia en **Octubre de 2017** la hoja de ruta establecida por la comisión, que se resume en los siguientes objetivos.

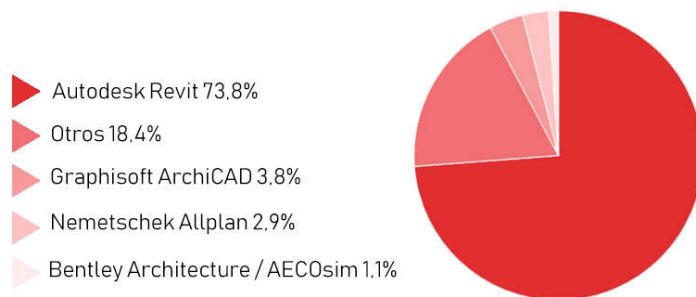
- > **Marzo de 2018.** Uso recomendado de BIM en las licitaciones públicas.
- > **Diciembre de 2018.** Uso obligatorio de BIM en las licitaciones públicas de edificación.
- > **Julio de 2019.** Uso obligatorio de BIM en las licitaciones públicas de infraestructuras de obra civil.
- > **Objetivo 2020.** Todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases: diseño – construcción – mantenimiento. Tanto en obra nueva, como en rehabilitación

Las fechas límite se aproximan, y el mercado ha de evolucionar y adaptarse a ellas. Es por ello por lo que actualmente la mayoría de los estudios de arquitectura y empresas de construcción demandan perfiles profesionales con aptitudes en el dominio de programas BIM, ya que la obligatoriedad de la presentación de los proyectos en dicho formato está a la vuelta de la esquina.

1.5 Qué BIM? –Comparación de los diferentes softwares BIM

Como se ha visto en el anterior apartado, los desarrolladores de esta tecnología han sido diversos a lo largo de su historia, y cada uno de ellos ha desarrollado su propio software. Afortunadamente, los formatos comunes como IFC han posibilitado la compatibilidad entre todos ellos. Sin embargo, cada una de las compañías centra sus esfuerzos en hacerse un hueco en el mercado con sus diferentes enfoques.

Al haber una numerosa cantidad de programas disponibles, este análisis se limitará a comparar los 4 softwares BIM más utilizados en España, según el siguiente gráfico generado por la Comisión para la implantación de la metodología BIM.



6 Gráfico de softwares más utilizados en España. Fuente: esBIM

Para comparar los siguientes softwares, se tomará como referencia el análisis realizado en **BIM Handbook** por **Chuck Eastman**.

AUTODESK - REVIT

Revit es el sucesor BIM del programa de diseño Autocad, de Autodesk.

Ventajas:

Revit es la manifestación más evidente de un programa que genera un modelo como base de datos central de un proyecto. La capacidad de coordinar cada elemento constructivo en una base de datos, permite a los usuarios comprobar de manera inmediata los resultados. Cabe destacar también su interfaz gráfica, fácil de usar, con un menú de trabajo organizado que favorece su uso intuitivo. Sus herramientas de producción de dibujo son rápidas y fáciles de manejar.

Su bidireccionalidad es una de las características que lo hacen más atractivo. Esto es, su capacidad de modificar información tanto en la base de datos, como en el modelo y verse automáticamente reflejado en el otro respectivamente. El programa ofrece también en su interior la producción de **BIM MEP** (instalaciones) y **estructural**, lo que evita la utilización de un número mayor de aplicaciones para completar la información del modelo.

Gracias a su popularidad y su uso extendido, tiene un servicio de soporte muy potente y una gran comunidad de usuarios para recibir ayuda. Dispone de grandes bibliotecas de objetos de fabricantes importantes en el sector de la construcción. Igualmente, su compatibilidad con otros programas es notable, tanto con los propios de Autodesk, que centran cada vez más sus esfuerzos en la nube, como con software de terceros.

Desventajas:

Su desventaja principal es su falta de compatibilidad con el sistema operativo de **Mac**. Asimismo, presenta carencias en el diseño paramétrico, que se encuentra actualmente en desarrollo con la aplicación Dynamo. Por otro lado, Revit aún no proporciona el soporte necesario para la gestión completa de objetos en un entorno BIM, sin embargo, su biblioteca de objetos es mayor que la de otras plataformas.

GRAPHISOFT - ARCHICAD

Al igual que Revit, la aplicación fue creada en Hungría por Graphisoft y posteriormente adquirida por una empresa de mayor entidad, en este caso la compañía alemana Nemetschek, aunque sigue conservado su marca dentro del grupo empresarial.

Ventajas:

Las ventajas de este software coinciden en su gran mayoría con las nombradas anteriormente. Interfaz de usuario intuitiva, bien diseñada, con cursores inteligentes. Genera automáticamente el dibujo y destaca asimismo por su bidireccionalidad. Archicad incorpora una amplia gama de objetos predefinidos, grandes bibliotecas de objetos en la web y una buena suite de soporte. Graphisoft ha desarrollado también herramientas para **MEP** y estructuras, pero en este caso no se encuentran directamente incorporadas en el programa, sino que nacen como un software externo.

ArchiCAD ofrece además compatibilidad con la generación de objetos paramétricos personalizados a través de su lenguaje de programación GDL (Geometric Description Language), basado en Visual Basic.

Desventajas:

Su principal desventaja son sus limitaciones a la hora del diseño paramétrico personalizado.

NEMETSCHKEK - ALLPLAN

Desarrollado por la empresa alemana Nemetschek, su uso en ese mismo país está más generalizado que en el nuestro. Allplan se describe como “un sistema CAD orientado a BIM”.

Ventajas

Este sistema CAD orientado a BIM conlleva la utilización de dibujos 2D de forma combinada para generar el modelo 3D. El programa se basa en el uso de capas que

representan estratos en planos horizontales. Estos niveles son fácilmente modificables. Allplan trabaja además con capas, permitiendo o no visualizar elementos. Su complemento **Parasolid 3D** permite el modelado de geometría compleja. Estos objetos paramétricos se denominan Smart Parts, y el programa contiene una gran biblioteca integrada.

Es un software de diseño paramétrico con mucha automatización. **Allplan** se adapta con facilidad a proyectos de gran escala gracias a su capacidad de gestionar grandes cantidades de información. También dispone de una herramienta BIM en la nube que permite compartir tanto modelos nativos como IFC.

Hay que remarcar asimismo su potente herramienta de **diseño estructural**, que incluye cálculos de **cantidades y costos**.

Desventajas

Su cantidad menor de usuarios hace más difícil la posibilidad de encontrar soporte adicional en línea más allá del propio soporte del programa. Su interfaz de usuario puede resultar compleja, debido a su gran cantidad de atajos.

Por otra parte, su **capacidad asociativa y bidireccionalidad es menor** que en otros programas, aunque ofrezca más posibilidades de importación y exportación, tanto para 2D como 3D.

BENTLEY SYSTEMS - AECOSIM BUILDING DESIGNER

Este software lidera el campo de las infraestructuras. Es el sucesor natural BIM del programa MicroStation, desarrollado por la misma compañía. Sus siglas AECO (Architecture, Engineering, Construction and Operations) hace galas de su orientación más directa hacia las obras civiles, lo que hacen que sea uno de los programas más utilizados por ingenieros.

Ventajas

La gran ventaja de este programa es su facilidad para gestionar grandes cantidades de información de manera eficiente, hasta el punto de colapsar otras aplicaciones en caso de exportar un modelo con muchos datos. Por tanto, este programa se utiliza en los proyectos de mayor escala. Su secreto está en trabajar con sistemas basados en archivos, con lo que todas las acciones se escriben de manera inmediata en un archivo, lo que implica una reducción en la carga de memoria necesaria.

Tiene una gran colección de objetos paramétricos predefinidos. También ofrece una gran cantidad de herramientas de modelado de edificios, incluso curvas complejas, gracias a Generative Components. Asimismo, su motor de renderizado es rápido y de gran calidad. Destaca también su **bidireccionalidad**.

Bentley tiene una gran colección de herramientas y sistemas complementarios, sobre todo completando aspectos de ingeniería civil. Debido a ello, se complementa con un sistema de importación de objetos externos con detección de choques. Finalmente, posee capacidades multiplataforma y de servidor.

Desventajas

La falta de **integración** de la gran oferta de productos Bentley en cuanto a datos e interfaz de usuario, provoca un mayor tiempo para aprender y navegar. Sus módulos funcionales heterogéneos incluyen diferentes comportamientos de objetos, lo que se suma a los desafíos de aprendizaje. Las debilidades en la integración de sus diversas aplicaciones reducen la amplitud de soporte que estos sistemas proporcionan individualmente.

Conclusiones

En resumen, las diferencias entre los 2 programas con un uso más generalizado, ArchiCAD y Revit, son pequeñas y se refieren más a las preferencias del usuario. Difieren en sus modos de hacer y en el método de trabajo que tiene cada una de ellas, aunque **ArchiCAD tiene un valor añadido, es compatible con Windows y MAC**. Probablemente, una de las mayores diferencias radique en su precio, ya que existe una diferencia de precio de unos 1000 euros entre ambos por una suscripción anual. Sin embargo, **Revit** incorpora dentro de un solo software más funcionalidades que ArchiCAD, que en este caso deberían adquirirse por separado.

El uso de **AECOsim** quedará más relegado al mundo de la ingeniería y obra civil, gracias a su capacidad de trabajar con grandes cantidades de información.

En el caso de **Allplan**, debido a su baja tasa de uso en nuestro país, se aconseja formarse en esta tecnología en caso de querer trabajar en un ámbito más europeo, sobre todo en Alemania.

En este caso, la aplicación que se usará con posterioridad para el modelado del proyecto será **REVIT**, debido a su uso generalizado en el mercado, además de ser una de las aplicaciones pioneras y mejor valoradas por los usuarios.

2

EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este apartado se dará una visión general de la eficiencia energética, centrándonos en materia de ahorro de energía. El repaso se llevará a cabo estudiando las diferentes escalas normativas, desde las directivas europeas, hasta la legislación española.

2.1 Las directivas Europeas (Directiva 2010/31/UE y su revisión UE 2018/844)

Con respecto a la Unión Europea, los estados miembros ratifican una Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios en 2010, seguida en 2012 de otra relativa a la eficiencia energética. Ambas serán revisadas en mayo de 2018, teniendo en cuenta las medidas consensuadas en el Acuerdo de París de 2015, sucesor del **Protocolo de Kyoto**.

En la directiva de 2010 y su consecuente revisión, cabe destacar ciertas consideraciones.

1)

“La Unión Europea se ha comprometido a establecer un sistema energético sostenible, competitivo, seguro y descarbonizado. La Unión de la Energía y el Marco de Actuación en Materia de Clima y Energía hasta el año 2030 establecen compromisos ambiciosos de la Unión para seguir reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (al menos un 40 % de aquí a 2030, en comparación con 1990), aumentar la proporción de energía renovable consumida y conseguir un ahorro energético de acuerdo con las ambiciones a escala de la Unión, así como mejorar la seguridad energética, la competitividad y la sostenibilidad de Europa.”

Posteriormente, remarca la necesidad de una **visión a largo plazo**, aspecto muchas veces “olvidado” en la arquitectura, donde paulatinamente va teniéndose más en cuenta.

6)

“Los Estados miembros deben buscar un equilibrio rentable entre descarbonizar el suministro de energía y reducir el consumo final de energía. A tal fin, los Estados miembros y los inversores necesitan una visión clara que guíe sus políticas y decisiones de inversión, lo que incluye unos hitos indicativos a nivel nacional y acciones en favor de la eficiencia energética para alcanzar los objetivos a corto plazo (2030), a medio plazo (2040) y a largo plazo (2050).”

El punto 7 de las consideraciones aporta un dato significativo a tomar en cuenta:

“Casi el 50 % del consumo de energía final de la Unión se destina a calefacción y refrigeración, de la cual el 80 % se consume en edificios.”

Lo que nos lleva en los apartados siguientes a promover la inclusión de **estrategias pasivas y bioclimáticas** en nuestros proyectos que nos ayuden a reducir drásticamente el consumo energético dentro de nuestros edificios.

13)

“Las directrices de la Organización Mundial de la Salud de 2009 indican que, en lo relativo a la calidad del aire interior, los edificios más eficientes ofrecen un nivel de confort y bienestar más elevado a sus ocupantes y mejoran la salud. [...] Es fundamental garantizar un aislamiento completo y homogéneo del edificio, que incluya balcones, ventanas, tejados, paredes, puertas y suelos, y se debe prestar especial atención a prevenir que la temperatura de cualquier superficie interna del edificio descienda por debajo de la temperatura del punto de rocío.”

17)

“Las soluciones de tipo natural, como una vegetación urbana bien diseñada, tejados verdes y muros que aportan aislamiento y sombra a los edificios, contribuyen a reducir la demanda de energía limitando la necesidad de calefacción y refrigeración y mejorando la eficiencia energética de un edificio.”

Por otra parte, el comunicado hace hincapié en la rigurosidad de los certificados de eficiencia energética, desde un punto de vista crítico, para evitar la gratuidad de las eco-etiquetas, así como el llamado “**green washing**” en los edificios. Propaganda en la que se realiza márketing verde de manera engañosa para promover la percepción de que los productos, objetivos o políticas de una organización son respetuosos con el medio ambiente con el fin de aumentar sus beneficios.

18)

“Para alcanzar los objetivos de la política sobre la eficiencia energética de los edificios, conviene mejorar la transparencia de los certificados de eficiencia energética garantizando el establecimiento y aplicación uniformes de todos los parámetros de cálculo necesarios, tanto por lo que respecta a la certificación como a los requisitos mínimos de eficiencia energética. [...]”

Para finalizar con las consideraciones, la UE hace un guiño a la **automatización** y las **herramientas de seguimiento electrónico**, destacando sus capacidades y sus perspectivas de desarrollo.

37)

“La automatización de los edificios y el seguimiento electrónico de sus instalaciones técnicas han demostrado ser una alternativa eficaz a las inspecciones, en particular en el caso de grandes instalaciones, y posee un gran potencial para proporcionar un ahorro energético considerable y económicamente rentable tanto a los consumidores como a las empresas. [...]”

Para concluir con el análisis de la directiva, se destacarán una serie de artículos de referencia de la misma, sin entrar a datos más concretos, que se explicarán con mayor rigurosidad al analizar la normativa española.

Artículo 1

“La presente Directiva fomenta la eficiencia energética de los edificios sitos en la Unión, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos coste-eficacia.”

Además, la Unión Europea establece en su noveno artículo la siguiente exigencia con respecto a los edificios de energía casi nula, **nZEB** (Nearly Zero Emission Buildings):

Artículo 9

“Los Estados miembros se asegurarán de que:

- a) a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, y de que
- b) después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo [...].”

Para concluir con el análisis de la directiva, se reafirma la necesidad de establecer métodos de certificación energética. Por otro lado, se indica la creación de un sistema común de certificación de la Unión Europea para edificios no residenciales.

Artículo 11

“Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios. El certificado de eficiencia energética deberá incluir la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de este puedan comparar y evaluar su eficiencia energética. [...]

El certificado de eficiencia energética deberá incluir recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de eficiencia energética de un edificio o de una unidad de este [...]

2.2 El Real Decreto Español (RD 235/2013 y su modificación RD 564/2017)

El presente documento, pasa a reafirmar las medidas anunciadas en la directiva europea, complementándolas y reajustándolas a las circunstancias de nuestro país. En un primer momento, establece que:

“Los requisitos mínimos que deben satisfacer esos edificios serán los que en cada momento se determinen en el Código Técnico de la Edificación.” Refiriéndose a los nZEB, los edificios de energía casi nula. Por consiguiente, el documento de referencia a la hora de fijar unos estándares en el consiguiente análisis será el código técnico.

Artículo 1. Objeto, finalidad y definiciones.

1. *“Constituye el objeto de este Procedimiento básico el establecimiento de las condiciones técnicas y administrativas para realizar las certificaciones de eficiencia energética de los edificios y la metodología de cálculo de su calificación de eficiencia energética [...].*

2. *La finalidad de la aprobación de dicho Procedimiento básico es la promoción de la eficiencia energética, [...] materializada en forma de un certificado de eficiencia energética que permita valorar y comparar sus prestaciones.”*

Seguidamente, se reconocen una serie de documentos orientativos para la calificación energética de un edificio, resultado, en su gran mayoría, de diferentes programas informáticos.

Artículo 3. Documentos reconocidos.

1. *“Con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico se crean los denominados documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, que se definen como documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que cuenten con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y del Ministerio de Fomento.*

Los documentos reconocidos podrán tener el contenido siguiente:

- a) Programas informáticos de calificación de eficiencia energética.
- b) Especificaciones y guías técnicas o comentarios sobre la aplicación técnico-administrativa de la certificación de eficiencia energética.
- c) Cualquier otro documento que facilite la aplicación de la certificación de eficiencia energética, excluidos los que se refieran a la utilización de un producto o sistema particular o bajo patente.”

Los programas informáticos que el actual Ministerio para la transición Ecológica recomienda, son:

- > Herramienta Unificada Lider / Calener (HULC)
- > CYPETHERM HE Plus
- > SG SAVE
- > CE3X (CE3)
- > CERMA

Sin embargo, en este estudio, nos limitaremos a trabajar con las herramientas de software complementarias a BIM, y con las dos herramientas de método simplificado en vistas a comparar los resultados con software no vinculado a esta tecnología.

Por consiguiente, según la normativa, la información necesaria para llevar a cabo un análisis energético, y como resultado, obtener una certificación energética, se explica en el siguiente artículo:

Artículo 6. Contenido del certificado de eficiencia energética.

El certificado de eficiencia energética del edificio o de la parte del mismo contendrá como mínimo la siguiente información:

- a) Identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica, incluyendo su referencia catastral.
- b) Indicación del procedimiento reconocido al que se refiere el artículo 4 utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética.
- c) Indicación de la normativa sobre ahorro y eficiencia energética de aplicación en el momento de su construcción.
- d) Descripción de las características energéticas del edificio: envolvente térmica, instalaciones térmicas y de iluminación, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, condiciones de confort térmico, lumínico, calidad de aire interior y demás datos utilizados para obtener la calificación de eficiencia energética del edificio.
- e) Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética.
- f) Para los edificios existentes, documento de recomendaciones para la mejora.[...]
- g) Descripción de las pruebas y comprobaciones llevadas a cabo, en su caso, por el técnico competente durante la fase de calificación energética.
- h) Cumplimiento de los requisitos medioambientales exigidos a las instalaciones térmicas.

Una vez finalizado el repaso de la normativa más genérica en relación a Europa y España, se procederá a explicar de manera más concreta **las pautas y partes de normativa** que servirán de base para la certificación energética y la verificación de las exigencias en los apartados siguientes.

2.3 Criterio de Evaluación y Certificación Energética

Según las directivas europeas explicadas con anterioridad, los criterios que se deben seguir para realizar una certificación energética, vienen explicados de la siguiente manera.

“ANEXO 1

Marco general común del cálculo de la eficiencia energética de los edificios (contemplado en el artículo 3)

1. La eficiencia energética de un edificio se determinará partiendo de la cantidad, calculada o real, de energía consumida anualmente para satisfacer las distintas necesidades ligadas a su utilización normal, que refleje la energía necesaria para la calefacción y la refrigeración (energía necesaria para evitar un calentamiento excesivo) a fin de mantener las condiciones de temperatura previstas para el edificio y sus necesidades de agua caliente sanitaria.

2. La eficiencia energética de un edificio se expresará de forma clara e incluirá un **indicador de eficiencia energética y un indicador numérico del consumo de energía primaria**, basado en los factores de energía primaria por el suministrador de energía, que podrá basarse en unas medias anuales ponderadas, nacionales o regionales, o en un valor particular para la generación *in situ*. La metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios debe tener en cuenta las normas europeas y se ajustará a la legislación correspondiente de la Unión, incluida la Directiva 2009/28/CE.

3. La metodología deberá establecerse teniendo en cuenta al menos los **aspectos** siguientes:

- a) las siguientes características térmicas reales del edificio, incluidas sus divisiones internas
 - i) capacidad térmica,
 - ii) aislamiento,
 - iii) calefacción pasiva,
 - iv) elementos de refrigeración, y
 - v) puentes térmicos;
- b) instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento;
- c) instalaciones de aire acondicionado;
- d) ventilación natural y mecánica, lo que podrá incluir la estanqueidad del aire;
- e) instalación de iluminación incorporada (especialmente en la parte no residencial);
- f) diseño, emplazamiento y orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores;
- g) instalaciones solares pasivas y protección solar;
- h) condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas;
- i) cargas internas.

4. En el cálculo se tendrá en cuenta la **incidencia positiva** de los siguientes aspectos, cuando resulten pertinentes:

- a) condiciones locales de exposición al sol, sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en energía procedente de fuentes renovables;
- b) electricidad producida por cogeneración;
- c) sistemas urbanos o centrales de calefacción y refrigeración;
- d) iluminación natural.”

2.4 Documentos Básicos HE0 y HE1 del CTE (Código Técnico de la Edificación)

Al estudiarse también de manera complementaria el cumplimiento de las exigencias de los Documentos Básicos HE0 y HE1 del CTE, al ser parte de las funcionalidades de la mayoría de las herramientas que se van a analizar, se explicará brevemente en qué consisten las exigencias, desarrolladas de manera más completa en los siguientes apartados.

Exigencia básica HE0: Ahorro de energía

1 El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de su localidad de ubicación y del uso previsto.

2 El consumo energético para el acondicionamiento, en su caso, de aquellas edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente, será satisfecho exclusivamente con energía procedente de fuentes renovables.

Justificación de la exigencia

Para justificar que un edificio cumple la exigencia básica de limitación del consumo energético que se establece en esta sección del DB HE, los documentos de proyecto han de incluir la siguiente información:

- a) definición de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio, de acuerdo a la zonificación establecida en la sección HE1 de este DB;
- b) procedimiento empleado para el cálculo de la demanda energética y el consumo energético;
- c) demanda energética de los distintos servicios técnicos del edificio (calefacción, refrigeración, ACS y, en su caso, iluminación);
- d) descripción y disposición de los sistemas empleados para satisfacer las necesidades de los distintos servicios técnicos del edificio;
- e) rendimientos considerados para los distintos equipos de los servicios técnicos del edificio;
- f) factores de conversión de energía final a energía primaria empleados;
- g) para uso residencial privado, consumo de energía procedente de fuentes de energía no renovables;
- h) en caso de edificios de uso distinto al residencial privado, calificación energética para el indicador de energía primaria no renovable.

Exigencia básica HE1: Limitación de la demanda energética

*“Los edificios dispondrán de una **envolvente** de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.”*

Justificación de la exigencia

Para justificar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de la demanda energética que se establece en esta sección del DB HE, los documentos de proyecto han de incluir la siguiente información:

- a) definición de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio;
- b) descripción geométrica, constructiva y de usos del edificio: orientación, definición de la envolvente térmica, otros elementos afectados por la comprobación de la limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado, distribución y usos de los espacios, incluidas las propiedades higrotérmicas de los elementos;
- c) perfil de uso y, en su caso, nivel de acondicionamiento de los espacios habitables;
- d) procedimiento de cálculo de la demanda energética empleado para la verificación de la exigencia;
- e) valores de la demanda energética y, en su caso, porcentaje de ahorro de la demanda energética

-
- f) respecto al edificio de referencia, necesario para la verificación de la exigencia; características técnicas mínimas que deben reunir los productos que se incorporen a las obras y sean relevantes para el comportamiento energético del edificio.

Para justificar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de condensaciones intersticiales, los documentos de proyecto han de incluir su verificación.

Después de este repaso general a la normativa, se procederá a comenzar con el análisis de las diferentes aplicaciones que verifican el cumplimiento de la esta normativa y certifican energéticamente edificios.

3

APLICACIÓN PRÁCTICA

Sobre el ejemplo de la Casa Turégano

3.1 La Casa Turégano. Ejemplo de aplicación práctica

Proyectada en 1986 y construida dos años más tarde, la Casa Turégano pertenece a una serie de viviendas experimentales realizadas por **Alberto Campo Baeza** a finales de la década de los 80 y durante los 90. Estas viviendas se caracterizan por sus espacios prismáticos monocromos, de tonalidades blancas, en los que la luz se convierte en el tema central del edificio. Ejemplo de ello son casas como la **Casa Gaspar**, la **Casa García Marcos**, o la propia **Casa Turégano**.

La casa se inserta a media ladera, en esquina entre las calles Constantino Rodríguez y Enrique Álvarez Diosdado, en **Pozuelo de Alarcón**.

El programa de la misma se condensa en un cubo blanco dividido en 2 partes diferenciadas. La mitad norte, con los espacios servidores, y la mitad sur, con los espacios servidos. Una franja compuesta por baños y escaleras divide estos dos paquetes de estancias.

El área servidora contiene los dormitorios y la cocina, orientados al norte. Por otra parte, en la parte servida encontramos la sala de estar, el comedor y el estudio, espacios concatenados unidos por sus dobles alturas. La combinación del espacio diagonal de triple altura y la disposición de los huecos en fachada, son las dos herramientas principales que dan lugar al juego con la Luz.

La luz recorre la casa de este-sur a oeste, y va siendo recogida por los ventanales, convirtiéndose su movimiento en el protagonista espacial del proyecto. En palabras del propio arquitecto:

“Se trata de un espacio diagonal atravesado por una luz diagonal”



Fig 7: Imágenes interior y exterior de la Casa. Fuente: www.campobaeza.com

3.1.1 Criterio de elección de la vivienda

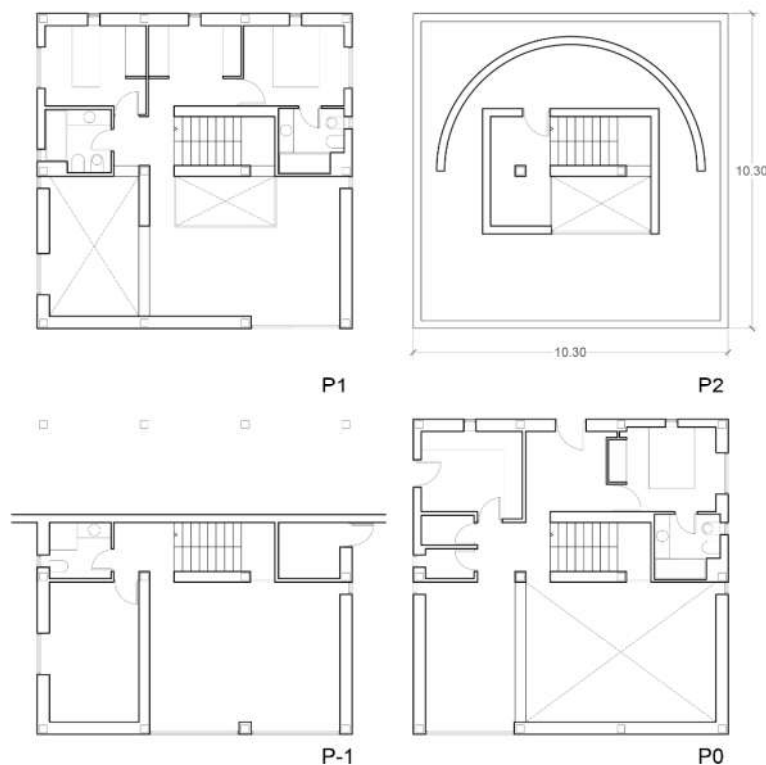
Más allá de ser un icono de la arquitectura española, la elección responde a criterios compositivos y constructivos. Su forma cúbica elemental y su disposición estandarizada de huecos, facilitan su modelado en BIM. A lo largo de la construcción de la vivienda, se demostrará a través de sus elementos constructivos esta última afirmación.

La forma cuadrada de los ventanales, la disposición de los huecos en la fachada, y su posición con respecto a su orientación, hacen gala de un ejemplo de construcción bioclimática. Se estudiará, por tanto, en qué nivel las estrategias de diseño relacionadas con la forma del edificio pueden llegar a influir en su eficiencia energética. De esta manera, se tiene la intención de evaluar la importancia de dos parámetros fundamentales a la hora de realizar un buen diseño en términos energéticos: la **forma** del edificio y la **composición** de los diferentes **elementos constructivos**. En el estudio, se valorará hasta qué punto pueden (o no) tener influencia en el diseño bioclimático.

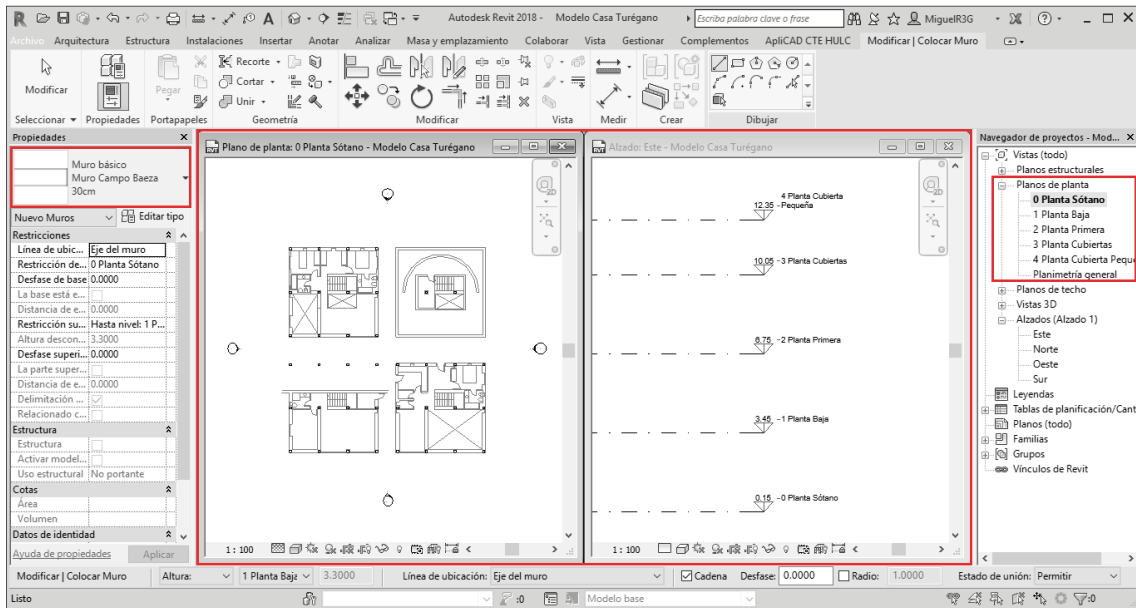
3.2 El Diseño

Para el modelado de la vivienda se ha escogido el programa informático **Revit 2018**, al ser una de las herramientas más conocidas y utilizadas en el ámbito BIM, sobre todo en nuestro país. Además, es una de las más completas y con mayor número de complementos y funcionalidades disponibles.

A Para comenzar, se realizó el levantamiento de la vivienda en 2D utilizando el software **Autocad 2018** a partir de la documentación disponible, en vistas a tener una base sólida de trabajo con la que comenzar a modelar el edificio.



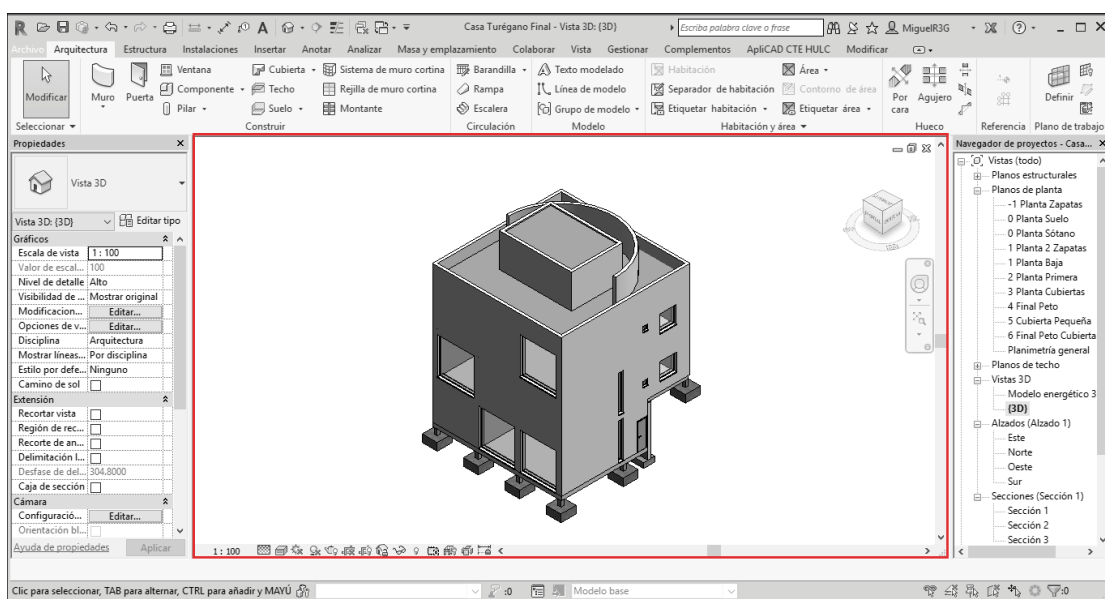
B Posteriormente, se comienza con la preparación del archivo BIM en Revit, lo que supone la **importación** de la base de dibujo, la **disposición de los distintos niveles** del modelo y la **creación de todos los elementos constructivos** a utilizar.



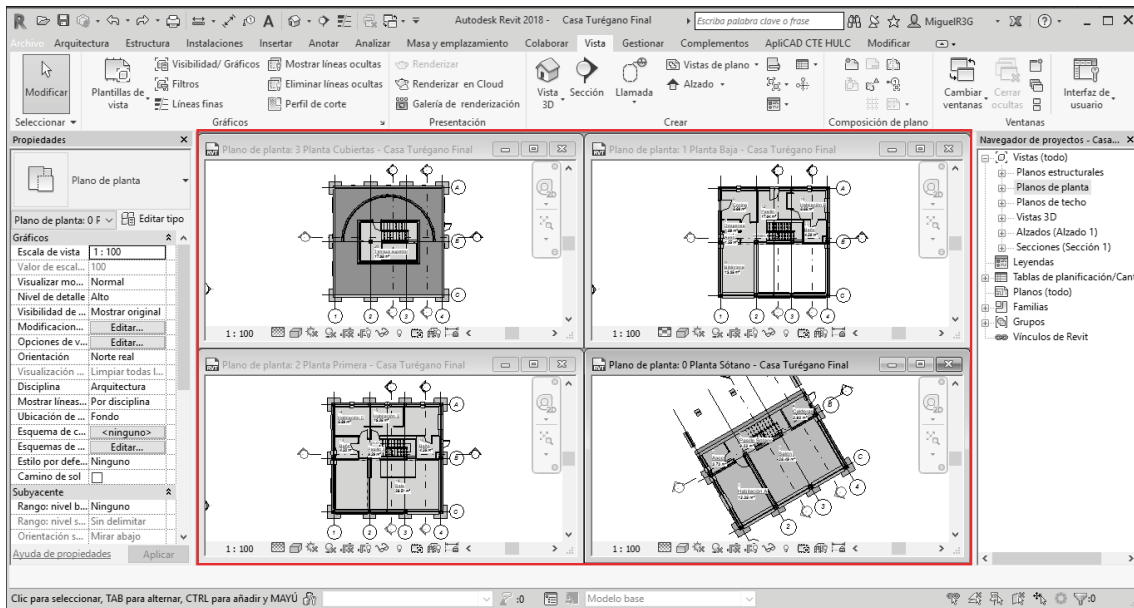
Lista de elementos constructivos utilizados en el modelo

Muro Campo Baeza 26cm	70 x 210 cm	40 x 40 cm	
Muro Campo Baeza 40cm	70 x 210 cm Aluminio	80 x 80 cm	
Partición Campo Baeza 8cm	80 x 210 cm	100 x 100 cm	
Partición Campo Baeza 11,5cm	80 x 210 cm Aluminio	120 x 120 cm	
Partición Campo Baeza 35cm	90 x 210 cm	200 x 325 cm	
	100 x 210 cm Aluminio	290 x 40 cm	
		290 x 290 cm	

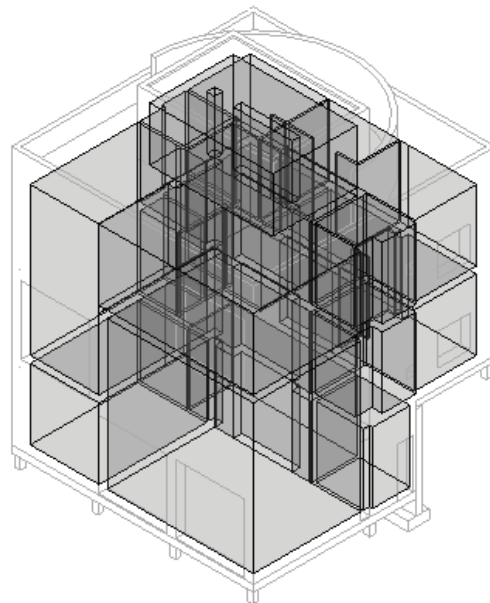
C Tras la preparación del modelo, se prosigue con el **modelado 3D** con la información previamente producida. En este caso, no se explicará la generación del mismo, ya que no es objeto de estudio.



D Después de haber elaborado el modelo BIM, se prosigue con la definición de las habitaciones, aspecto esencial a tomar en consideración a la hora de preparar nuestro modelo energético.



Habitaciones			
Nombre	Nivel	Área	Volumen
Habitación A	0 Planta Sótano	13.38 m ²	40.15 m ³
Aseo	0 Planta Sótano	3.73 m ²	11.18 m ³
Salón	0 Planta Sótano	28.49 m ²	179.26 m ³
Calderas	0 Planta Sótano	3.93 m ²	11.78 m ³
Pasillo Sótano	0 Planta Sótano	9.23 m ²	27.70 m ³
Cocina	1 Planta Baja	8.99 m ²	26.97 m ³
Despensa	1 Planta Baja	1.69 m ²	5.07 m ³
Aseo	1 Planta Baja	1.55 m ²	4.65 m ³
Biblioteca	1 Planta Baja	13.38 m ²	83.93 m ³
Habitación B	1 Planta Baja	8.68 m ²	26.05 m ³
Baño	1 Planta Baja	4.28 m ²	12.84 m ³
Pasillo	1 Planta Baja	17.64 m ²	52.93 m ³
Baño	2 Planta Primera	4.32 m ²	12.96 m ³
Habitación C	2 Planta Primera	8.89 m ²	26.66 m ³
Habitación D	2 Planta Primera	16.36 m ²	49.08 m ³
Baño	2 Planta Primera	4.28 m ²	12.84 m ³
Pasillo 3	2 Planta Primera	9.29 m ²	27.87 m ³
Sala	2 Planta Primera	29.51 m ²	88.54 m ³
Terraza superior	3 Planta Cubiertas	17.68 m ²	40.67 m ³



8: Tabla e imagen de la distribución de las diferentes habitaciones en el edificio.

3.3 El Modelo Energético

En este apartado, nuestro modelo previamente generado se exportará a los diferentes programas de análisis energético pertenecientes a **Autodesk**. En ellos se estudiarán las diferentes posibilidades que el software ofrece y se analizará cómo el modelo se comporta dentro de la aplicación.

Debido a que Autodesk Ecotect y Vasari se encuentran obsoletos, ya que sus funcionalidades se han migrado a la plataforma **Autodesk Insight**, el análisis se limitará a realizar el estudio en esta última.

3.3.1 Autodesk Insight 360

Autodesk



3.3.1.1 Descripción del programa

Herramienta destinada a mejorar el uso de la energía del edificio y el rendimiento ambiental. Con una interfaz intuitiva y rápida, permite modificar gran cantidad de **parámetros** en el edificio en vistas a valorar las mejores soluciones para alcanzar el menos consumo energético. La herramienta permite interactuar con las diferentes configuraciones de parámetros, pudiéndolos comparar entre si, y modificar. Al ser una aplicación en la **nube**, el modelo se puede compartir y consultar con los diferentes agentes implicados, en diferentes dispositivos.

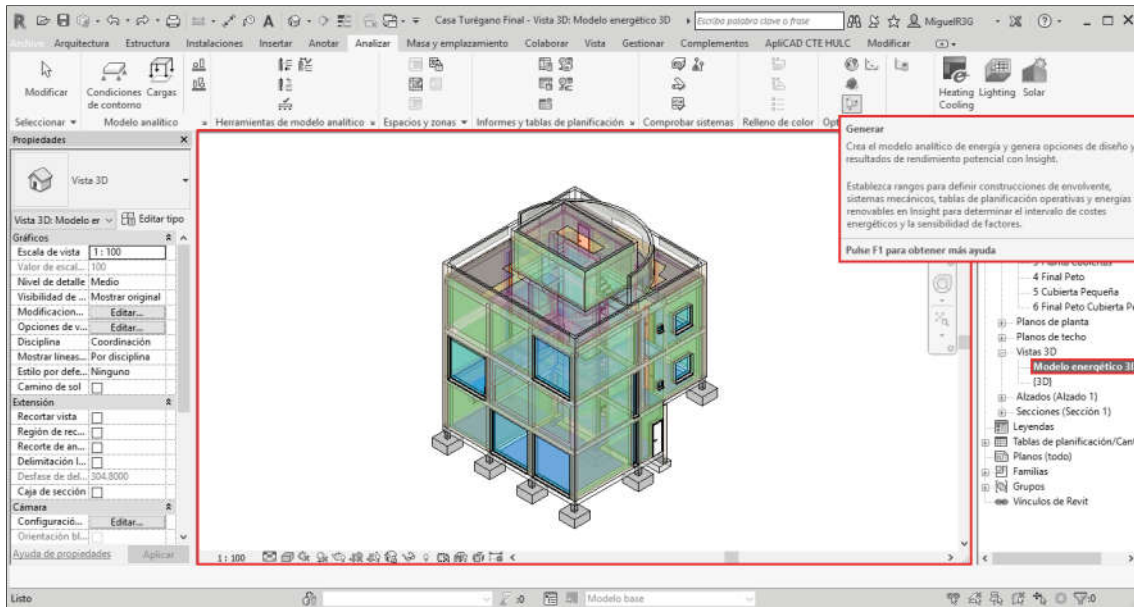
Parámetros modificables en Autodesk Insight:

- > **Building Orientation** – Orientación del Edificio – Rota el edificio de 0 a 315°
- > **Operating Schedule** – Horas de Uso del Edificio – Típicas horas de uso del edificio por sus ocupantes
- > **HVAC** (Heating, Ventilation and Air Conditioning) Calor, Ventilación y Aire Acondicionado. – Representa una serie de sistemas HVAC, cuya eficiencia variará en función del tamaño y la localización del proyecto.
- > **Infiltration** – (Infiltraciones) – Fugas o infiltraciones de aire desde dentro o desde fuera de los espacios acondicionados. Causadas a veces por los huecos en la envolvente del edificio.
- > **Wall Construction** – (Construcción de los Muros)
- > **Roof Construction** – (Construcción de la Cubierta)
- > **WWR** (Window Wall Ratio) – Proporción de huecos en fachada. – en un rango del 0 al 95%
- > **Window Glass** – (Propiedades del Acristalamiento en Ventanas) – Controlan la cantidad de radiación solar, la transferencia de calor y las ganancias de calor solares.
- > **Window Shades** – (Mecanismos de Sombra en Ventanas) – en proporción con la altura de la ventana.
- > **Plug Load Efficiency** – (Eficiencia de tomas de corriente) – Energía utilizada por las tomas de corriente, excluye iluminación y refrigeración. De 27.99 W/m² a 0 W/m²
- > **Lighting Efficiency** – (Eficiencia de Iluminación) – Representa la media de las ganancias internas de calor y el consumo de energía para iluminación por unidad de superficie. De 20.45 W/m² a 3.23 W/m²
- > **Daylighting & Occupancy Controls** – (Luz de día y Controles de ocupación)
- > **PV Panel Efficiency** (Eficiencia de Paneles Fotovoltaicos)
- > **PV Payback Limit** (Periodo de recuperación de la inversión de los Paneles Fotovoltaicos)
- > **PV Surface Coverage** (Superficie de Cubrición de los Paneles Fotovoltaicos)

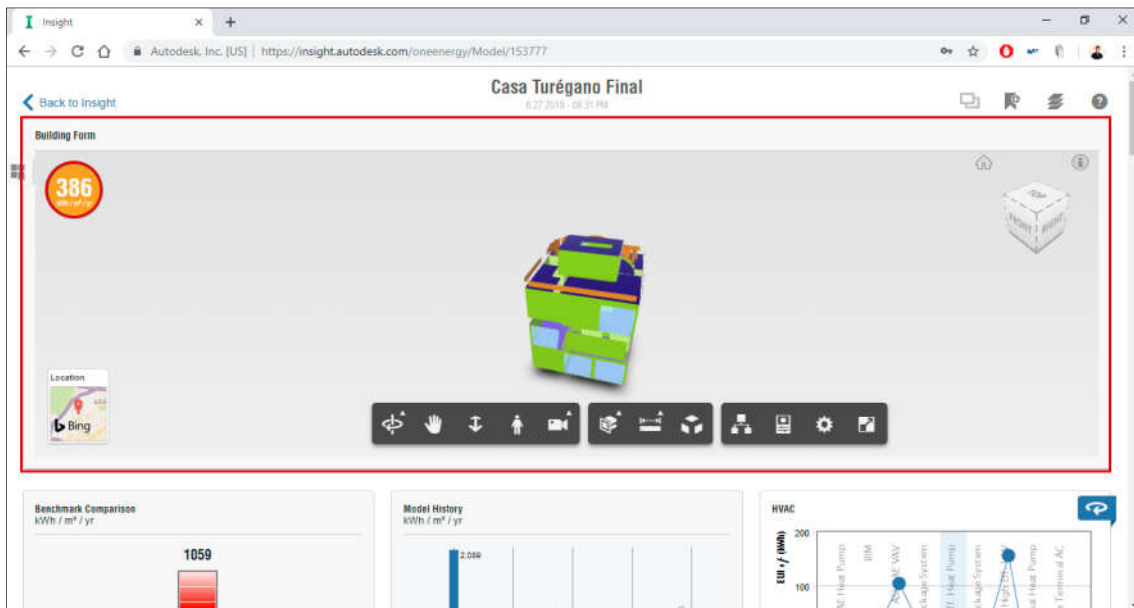
Los resultados obtenidos, se comparan con certificaciones energéticas anglosajonas, mercado en el que la tecnología se encuentra mucho más integrada. Dichas certificaciones siguen los estándares **ASHRAE** y **ARCHITECTURE 2030**.

3.3.1.2 El modelo en el programa

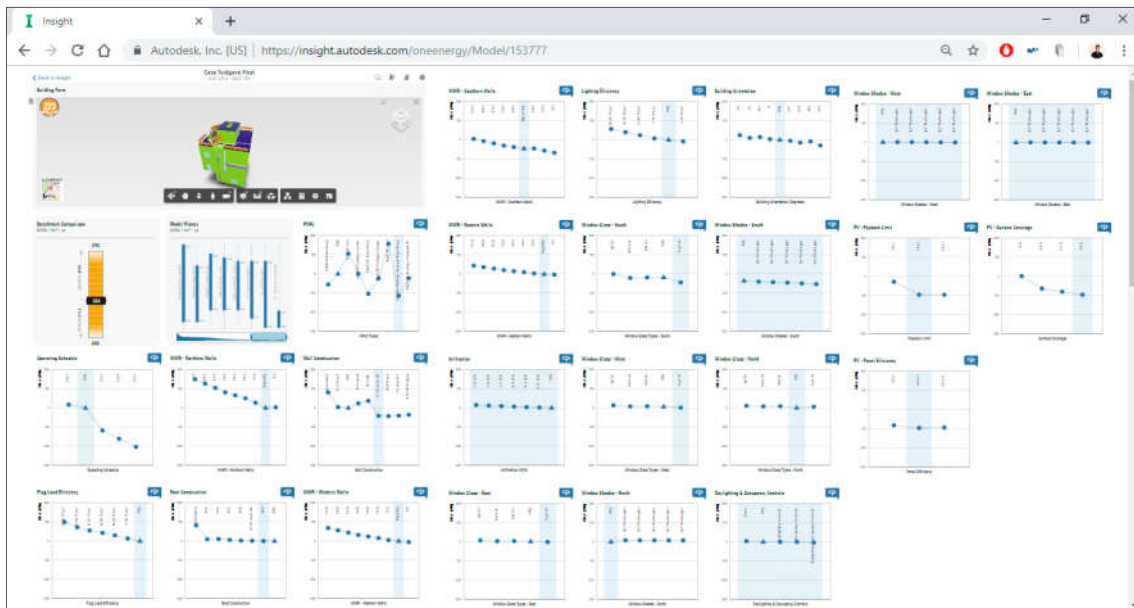
Una vez finalizada la modelación del edificio, se genera el **modelo energético** del mismo, que servirá de base de trabajo en las diferentes herramientas de análisis energético.



Tras la generación del modelo, el archivo se sube a la plataforma Insight a través del comando **Optimizar**. Autodesk se encargará de realizar el análisis y notificará en el correo al que está vinculado la cuenta, cuando los resultados del modelo estén listos.



A continuación, se realizará una modificación de los parámetros del modelo, para ver como **optimizar al máximo el diseño de la vivienda** según los criterios establecidos por Autodesk. Para ello, es escogerá el valor de cada uno de los apartados que hace que el edificio consuma menos energía.



Con esta combinación de parámetros, se ha conseguido reducir el consumo energético anual del edificio de 386 a 223 Kwh/m².año. Alrededor del 30%. A pesar de que el modelo cumple con el estándar ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), el modelo no cumple con el estándar ARCHITECTURE 2030, cuyas aspiraciones son que se consiga que la huella de carbono del edificio sea neutra.

3.3.1.3 Aspectos de Mejora

El complemento tiene una potencialidad enorme, pero está adaptado en su totalidad al mercado anglosajón. Aspectos como el idioma de la aplicación, las soluciones constructivas que ofrece o los dispositivos que utiliza para la climatización, están directamente vinculados a países como Estados Unidos o Reino Unido, donde la tecnología BIM está mucho más integrada.

Con la entrada en vigor de la nueva normativa **BIM** en España, así como en muchos más países europeos, la aplicación podría hacerse extensible y adaptarse a las normativas y modos de construcción Europeos, aprovechando todas las funcionalidades que tiene el programa, y sirviendo como vínculo entre los diferentes agentes implicados en el proyecto.

3.4 La Calificación y Certificación Energética

Los softwares analizados a continuación son herramientas reconocidas por el **Ministerio para la Transición Ecológica y el Ministerio de Fomento** para la obtención de la calificación y certificación de la eficiencia energética de un edificio, además del cumplimiento de las exigencias energéticas del Código Técnico en la mayoría de ellas. A pesar de no ser todos ellos compatibles con BIM en su totalidad, se opta por analizar todas las herramientas, para tener una visión más amplia y completa de su funcionamiento y sus resultados.

El estudio analizará 4 aplicaciones: 2 de método no simplificado compatibles con Revit (**CYPETherm HE Plus y ApliCAD+HULC**) y 2 de método simplificado no compatibles con Revit (**CE3X y CERMA**)

El estudio de los programas constará de 5 partes. En primer lugar, se hará una descripción general del programa, explicando su interfaz y funcionalidades. Después, se explicará el procedimiento llevado a cabo para la obtención de los resultados, apoyándose en el modelo previamente creado. Posteriormente, se analizarán los resultados de los documentos generados por los programas. Y finalmente, se establecerán unas pautas comunes para la evaluación del comportamiento de cada uno de los programas. Estos parámetros, se valorarán con una puntuación del 1 al 5, siendo el 1 la nota más negativa y el 5 la más positiva, que se explicará con más detalle en cada una de las características a evaluar.

1. **Coste** – en este caso, la gratuidad del software se considerará como la nota más alta.
2. **Interfaz** – el diseño sencillo e intuitivo será la cualidad que se valore de manera más positiva.
3. **Tiempo de elaboración** – a menor gasto de tiempo en la preparación del modelo para integrarlo en la aplicación, mejor puntuación.
4. **Precisión de datos exigidos** – si la cantidad de datos que requiere el programa es mayor, se atribuirá una nota más elevada.
5. **Compatibilidad BIM** – cuanto más fácil sea importar el modelo desde Revit, y cuantos menos cambios se requieran para realizar el cálculo energético, mejor valorado será.
6. **Verificación HE0 y HE1** - se valorará la precisión y exactitud en la generación de los resultados.
7. **Calificación y Certificación Energética** - se valorará la precisión y exactitud en la generación de los resultados.
8. **Complementos** – se puntuará de manera positiva el hecho de tener funcionalidades a mayores de las 4 principales que se evalúan, además de evaluar su buen funcionamiento.
9. **Dificultad** - en caso de ser la herramienta fácil de utilizar, la puntuación total será de 5.
10. **SopORTE** – se valorará la buena atención y la efectividad a la hora de resolver problemas por parte de la empresa desarrolladora.

La quinta parte consistirá en la indicación de distintos aspectos de mejora en vistas a optimizar y corregir en futuras versiones del software.

Toda la evaluación se regirá por la **experiencia personal** a la hora del uso de las distintas aplicaciones, intentando en todo momento establecer unos criterios lo más objetivos posibles, y tratando de unificar al máximo los datos incorporados en los diferentes programas para definir la información requerida.

Cabe señalar que se tendrán en consideración las mismas condiciones y datos de partida en todos los programas. La única excepción permitida será el cambio de situación del edificio de **Existente** (caso actual)

a **Nueva Construcción**, en caso de verse afectada la utilización de alguna de las funcionalidades por ello (como, por ejemplo, el cumplimiento de las exigencias HE0 y HE1)

Por otra parte, los estudios se limitarán a la **Evaluación Energética** y los cumplimientos de las exigencias **HE0** y **HE1**, si procede. No se entrará en los aspectos de mejora, ya que el objetivo del análisis es evaluar el correcto funcionamiento de cada una de las herramientas y su compatibilidad con los sistemas BIM.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la vivienda fue construida en el año 1988 y que **no cumplirá con las exigencias del CTE** en materia de limitación del consumo energético y ahorro de energía (HE0 y HE1 respectivamente) se analizarán de forma somera los resultados obtenidos, al ser una parte importante de los softwares a analizar. Por consiguiente, se realizará especialmente hincapié en el aspecto de la Certificación y Calificación, principal objetivo de este trabajo.

3.5 Herramientas compatibles con BIM

3.5.1 CYPETHERM HE Plus

CYPE Ingenieros S.A.



3.5.1.1 Descripción del programa

CYPETHERM HE Plus es un software gratuito desarrollado por la empresa CYPE. Su interfaz se organiza en 3 secciones identificadas en la parte superior. En la primera, **Edificio**, se encuentra toda la información relativa al proyecto, datos generales, emplazamiento y el modelo del edificio, cuya información interna se distribuye en 3 grupos:

- **Biblioteca** – información referente a los elementos constructivos
- **Zonas** – información sobre las habitaciones y los diferentes espacios de la casa.
- **Sistemas** – apartado destinado a definir las instalaciones de calefacción, refrigeración y ACS.

En el segundo apartado, **Planos de Planta**, se dispone la información planimétrica del proyecto, con la posibilidad de modificar elementos constructivos.

Finalmente, en tercer apartado, **Verificación Normativa**, contiene todas las herramientas referentes a la generación de resultados. El motor de cálculo utilizado es Energy Plus, uno de los motores más reconocidos en el mercado. El cálculo de la distribución de la demanda energética a satisfacer se realiza hora a hora, determinando para cada equipo técnico su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida, y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por sistema de aporte y vector energético utilizado. En consecuencia, ofrece la posibilidad de obtener los siguientes resultados:

- > **Listado HEI**
Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética, con resultados detallados por zona térmica de las diferentes contribuciones energéticas.
- > **Listado HEO**
Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético, con detalle de los resultados por zona térmica y vector energético.
- > **Calificación energética**
En esta ficha se muestra la calificación energética obtenida por el edificio y todas las calificaciones parciales tanto para emisiones, consumo de energía primaria no renovable y demanda energética
- > **Certificación energética**
A través de esta opción se genera el certificado de eficiencia energética, que puede ser obtenido como documento o como su versión en formato electrónico (XML).

De manera complementaria, el programa ofrece el cálculo de los siguientes aspectos, ampliando el rango de resultados obtenidos.

> **Limitación de descompensaciones**

Capacidad adicional y opcional, que permite comprobar el apartado 2.2.1.2 Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado del CTE DB HE 1.

> **Limitación de condensaciones**

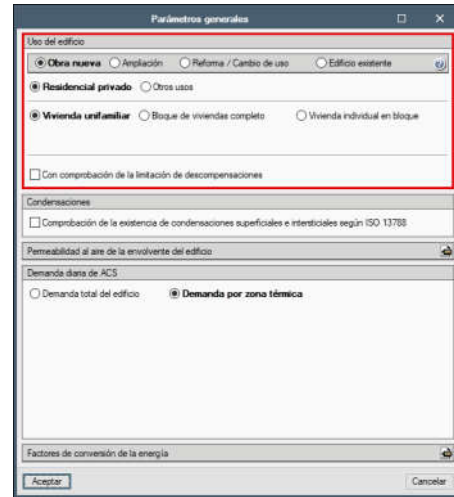
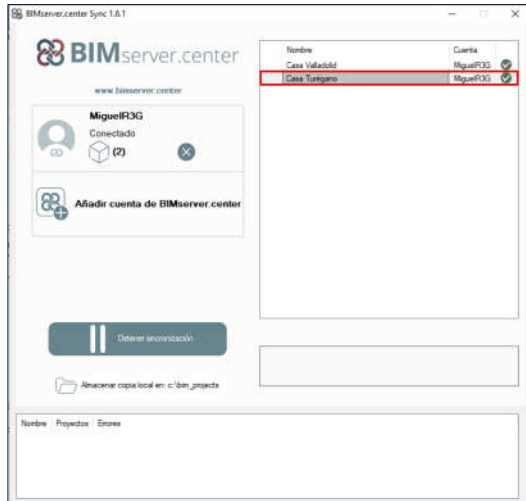
Capacidad adicional y opcional, que permite comprobar el apartado 2.2.3 Limitación de condensaciones del CTE DB HE 1. En este caso, se integra el cálculo realizado por el programa CYPETHERM HYGRO en cada solución constructiva de la envolvente térmica del edificio, comprobando la existencia de condensaciones superficiales e intersticiales según ISO 13788.

> **Descripción de materiales y elementos constructivos**

En este listado se muestran los distintos elementos presentes en la obra junto con sus materiales, cantidades, coeficientes de transmisión, etc. Se especifican el sistema envolvente (cerramientos exteriores, suelos, cubiertas y huecos) y el sistema de compartimentación (particiones verticales y forjados entre pisos).

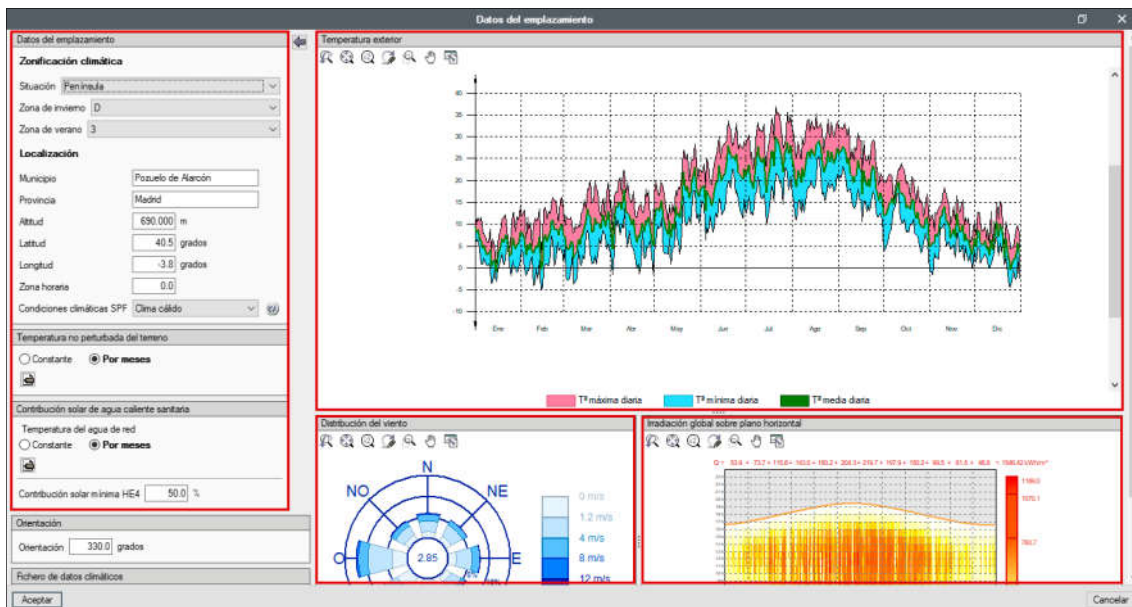
3.5.1.2 El modelo en el programa

Después de haber creado el modelo de la vivienda, se importará en archivo en formato IFC sobre el programa. Cabe destacar su buena importación, sin errores de ningún tipo.

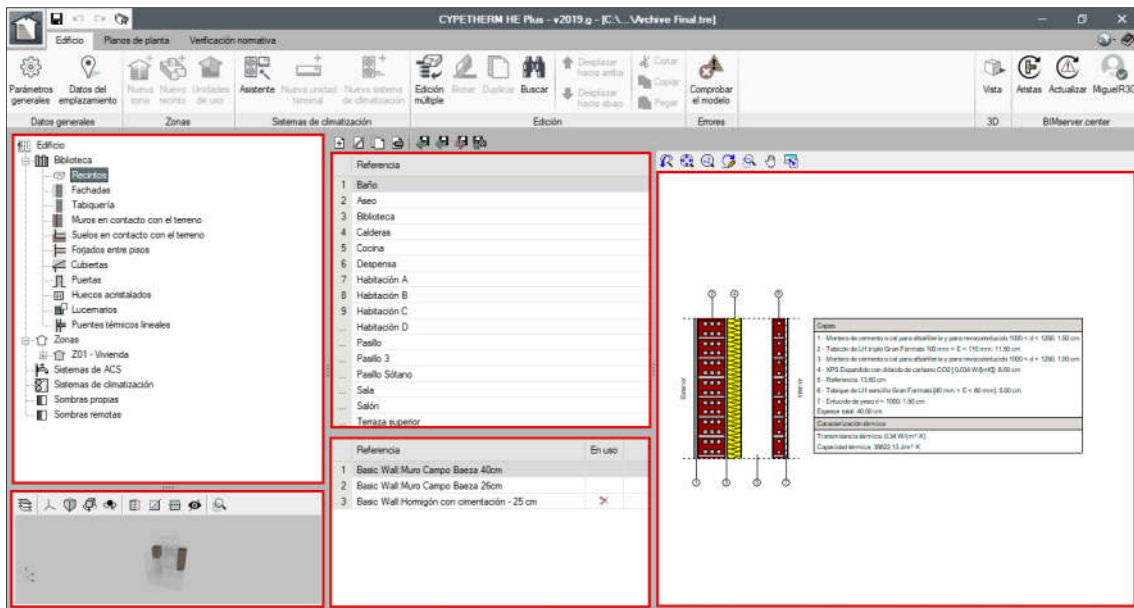


El programa ofrece la posibilidad de trabajar con archivos de información en la nube (OpenBIM). Por tanto, se exportará el modelo de la vivienda en formato IFC, subiendo el archivo de la casa a la plataforma **BIMserver Center**.

Tras abrir el proyecto en el programa, se establecerán los **parámetros generales**. En este caso, se seleccionará la opción de **Obra Nueva**. De esta manera, se podrán utilizar todas las funcionalidades que el programa ofrece, a diferencia de Edificio Existente.

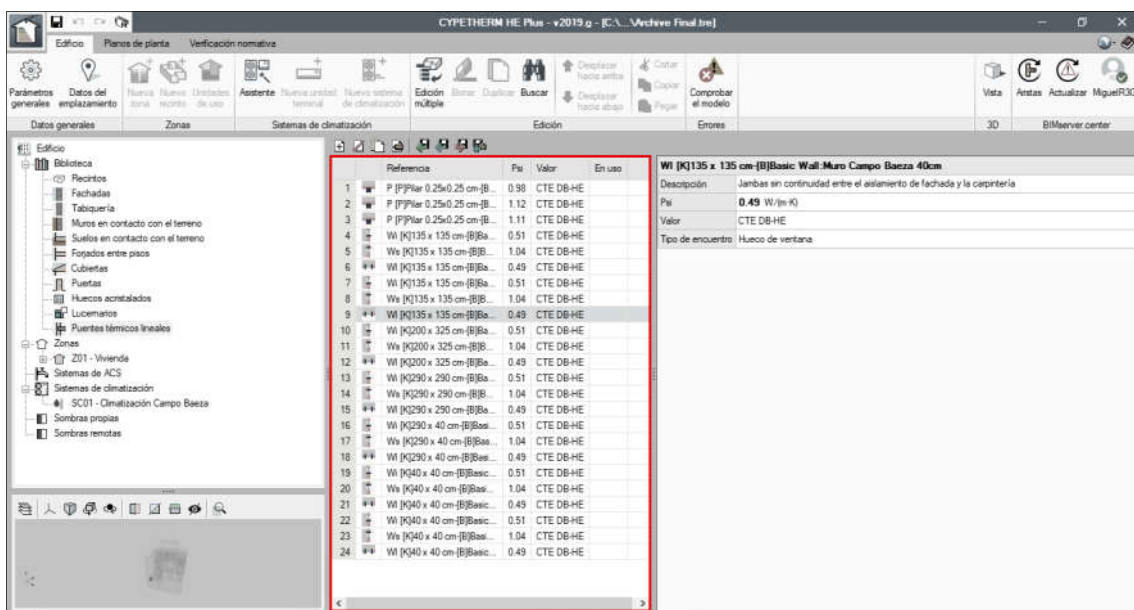


Posteriormente, se indicarán los datos del emplazamiento. Al seleccionar la localidad, el programa atribuirá directamente la zona climática al edificio, y generará los gráficos con los datos climáticos del emplazamiento: **temperatura exterior, distribución del viento y la irradiación solar en plano horizontal**.

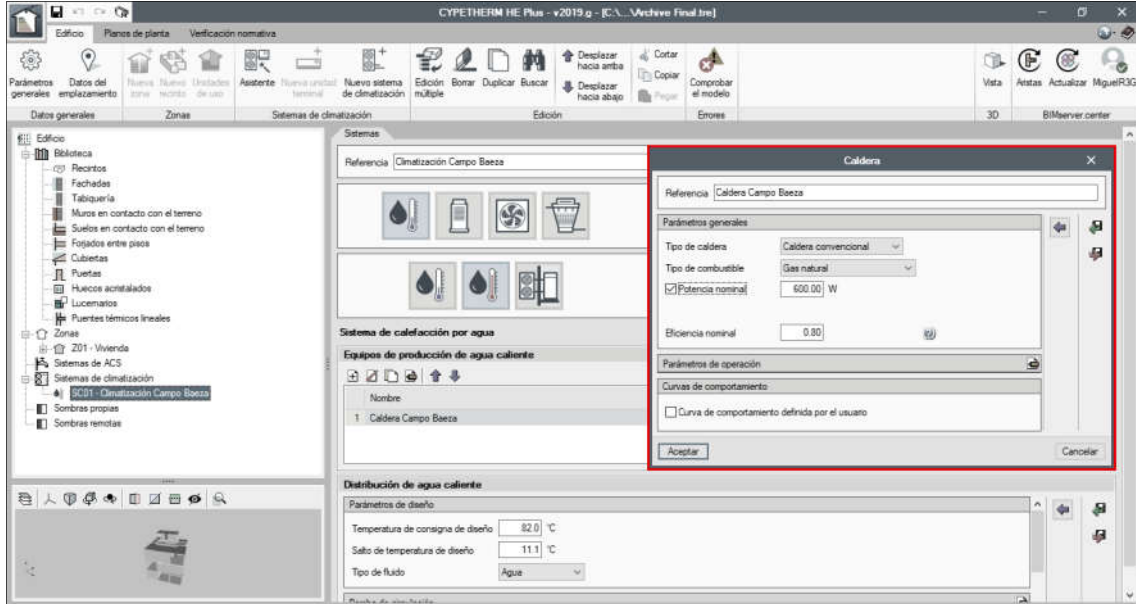


Tras haber completado el apartado de información general, se procede a verificar la información del modelo. La información se reparte en los 3 grandes grupos nombrados con anterioridad (Bibliotecas, Zonas y Sistemas), situados en la parte izquierda de la ventana y apoyados por una previsualización del elemento que se está modificando en la esquina izquierda de la pantalla. En este caso, se comprobarán: **habitaciones o recintos, elementos constructivos y sistemas de ACS y climatización.**

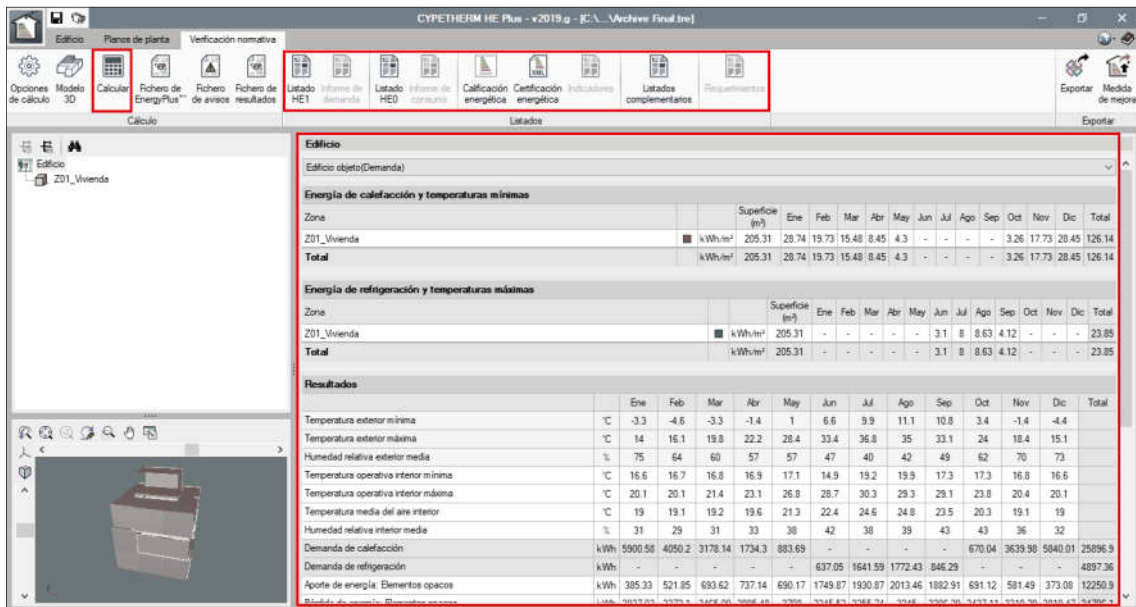
En el caso de los elementos constructivos, se han tenido que volver a redefinir por completo, ya que el programa los detecta, pero no reconoce la información relativa a los materiales constructivos de los que está formado. En este caso, la compatibilidad entre materiales entre Revit y el programa debe mejorarse. Para completar este apartado, se definirán los puentes térmicos. En vista a simplificar el procedimiento, la aplicación tiene una herramienta de procesamiento de aristas, sin embargo, la identificación de los puentes térmicos no está optimizada. El programa escoge un valor de 0,5 W/m.K por defecto para aquellos puentes térmicos que no reconoce. En consecuencia, se atribuirán los valores sirviéndose de la **base de datos de CTE** del programa.



Tras la configuración de los materiales, se definirá los sistemas de ACS y Calefacción, escogidos a través del asistente situado en la parte superior de la pantalla. En este caso se escoge una caldera de gas con sistema de climatización por agua, de suelo radiante, con una potencia nominal de 600 W y con un rendimiento del 80%.



Una vez preparado el modelo, se saltará a la pestaña de verificación de normativa, al no estar interesado en obtener información de los planos de planta. En este caso, se realizará la opción de cálculo que permite verificar HE0 y HE1, además de realizar la calificación y certificación energética.



Al presionar el botón **calcular**, el software computa todos los datos necesarios para generar los diferentes listados que el programa ofrece. Además de los complementos disponibles. A continuación, se analizarán los datos extraídos de los informes en cuestión.

3.5.1.3 Evaluación de resultados

Certificación Eficiencia Energética

Los resultados obtenidos para la certificación energética se dividen en 3 apartados:

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	E	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]	B
	35.84		2.15	
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]	-
3.92	-			

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]	C
	169.25		10.13	
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]	-
23.12	-			

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

En resumen, con la siguiente aplicación, la vivienda obtiene una calificación energética **D**, en cuanto a emisiones, consumo de energía primaria no renovable y demanda de refrigeración. En cambio, obtiene una calificación **E** en la demanda de calefacción.

En este caso, se analizarán también los cumplimientos de las exigencias HE0 y HE1 del Código Técnico de la Edificación, al generarse de manera automática por el programa.

Justificación HE0

La exigencia se verifica a través del análisis del consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable. En este caso, al ser considerablemente mayor (202.50 > 74.61 kWh/m²·año) la exigencia no cumple.

$$C_{ep,Edificio} = 202.50 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año} \leq C_{ep,lim} = C_{ep,bas0} + F_{ep,sup}/S = 74.61 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$$

donde:

- $C_{ep,Edificio}$: Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/m²·año.
- $C_{ep,lim}$: Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m²·año.
- $C_{ep,bas0}$: Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 60.00 kWh/m²·año.
- $F_{ep,sup}$: Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 3000.
- S_u : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 205.31 m².

Los cálculos se especifican de manera más detallada en la tabla de apoyo, que registra los diferentes consumos de energía primaria por meses, de las diferentes fuentes de energía. Finalmente, todos los consumos se traducen en una cifra total, la cual se tiene en cuenta para realizar la verificación.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO (S_u = 205.31 m²; V = 1425.00 m³)														
Demanda energética														
Calefacción	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	--	--	--	--	670.0	3640.0	5840.0	25896.9	126.1
Refrigeración	--	--	--	--	--	637.0	1641.6	1772.4	846.3	--	--	--	4897.4	23.9
ACS	263.1	237.7	253.1	234.6	232.3	210.2	202.1	207.1	210.2	238.0	244.9	263.1	2796.5	13.6
TOTAL	6163.7	4287.9	3431.2	1968.9	1116.0	847.3	1843.7	1979.6	1056.5	908.0	3884.9	6103.2	33590.8	163.6
Gas natural (f_{ep} = 1.190)														
EP _{cal}	613.8	554.4	603.0	468.0	316.9	--	--	--	--	231.8	594.0	613.8	3995.6	19.5
EP _{ref}	733.5	662.5	720.6	559.2	378.7	--	--	--	--	277.0	709.8	733.5	4774.8	23.3
EP _{acs}	730.4	659.7	717.6	556.9	377.1	--	--	--	--	275.8	706.9	730.4	4754.8	23.2
Gas natural (Sistema de sustitución) (f_{ep} = 1.190)														
EP _{cal}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EP _{ref}	164.5	148.5	158.2	146.6	145.2	131.4	126.3	129.5	131.4	148.7	153.1	164.5	1747.8	8.5
EP _{acs}	196.5	177.5	189.0	175.2	173.5	157.0	150.9	154.7	157.0	177.7	182.9	196.5	2088.6	10.2
EP _{total}	195.7	176.8	188.2	174.5	172.8	156.3	150.3	154.1	156.3	177.0	182.1	195.7	2079.9	10.1
Gas natural (Sistema de sustitución) (f_{ep} = 1.190)														
EP _{cal}	5894.8	3956.7	3041.9	1598.6	791.5	--	--	--	--	577.4	3516.6	5826.4	25204.0	122.8
EP _{ref}	7044.2	4728.2	3635.1	1910.4	945.9	--	--	--	--	690.0	4202.4	6962.5	30118.7	146.7
EP _{acs}	7014.8	4708.4	3619.9	1902.4	941.9	--	--	--	--	687.1	4184.8	6933.4	29992.8	146.1
Electricidad (Sistema de sustitución) (f_{ep} = 1.954)														
EP _{cal}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EP _{ref}	--	--	--	--	--	315.9	814.4	879.3	419.7	--	--	--	2429.4	11.8
EP _{acs}	--	--	--	--	--	748.1	1928.6	2082.1	993.9	--	--	--	5752.7	28.0
EP _{total}	--	--	--	--	--	617.3	1591.4	1718.1	820.2	--	--	--	4747.0	23.1
Electricidad autoconsumida (f_{ep} = 1.954)														
EP _{cal}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EP _{ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EP _{acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C_{ep,Edificio}	6673.0	4659.6	3803.1	2213.2	1253.6	447.3	940.7	1008.7	551.1	957.9	4263.7	6604.7	33376.8	162.6
C_{ep,lim}	7974.3	5568.2	4544.7	2644.8	1498.1	905.2	2079.5	2236.8	1150.9	1144.7	5095.1	7892.6	42734.9	208.2
C_{ep,bas0}	7940.9	5545.0	4525.7	2633.7	1491.8	773.7	1741.7	1872.1	976.5	1139.9	5073.8	7859.6	41574.6	202.5

donde:

- S_u: Superficie habitable del edificio, m².
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³.
- f_{ep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- EP: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.
- EP_{cal}: Consumo energético de energía primaria, kWh.
- EP_{ref}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.
- C_{ep,Edificio}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año.
- C_{ep,lim}: Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año.
- C_{ep,bas0}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año.

Justificación HEI

En el caso de esta exigencia, la información viene mucho más detallada, con gráficos explicativos de los resultados. En primer lugar, se comprueba que la demanda anual por superficie útil cumple., tanto en el caso de **calefacción** como en el de **refrigeración**.

$$D_{cal,edificio} = 126.14 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año} \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,esp}/S = 36.74 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$$



donde:

- $D_{cal,edificio}$: Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/m²·año.
- $D_{cal,lim}$: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m²·año.
- $D_{cal,base}$: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27.00 kWh/m²·año.
- $F_{cal,esp}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.
- S : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 205.31 m².

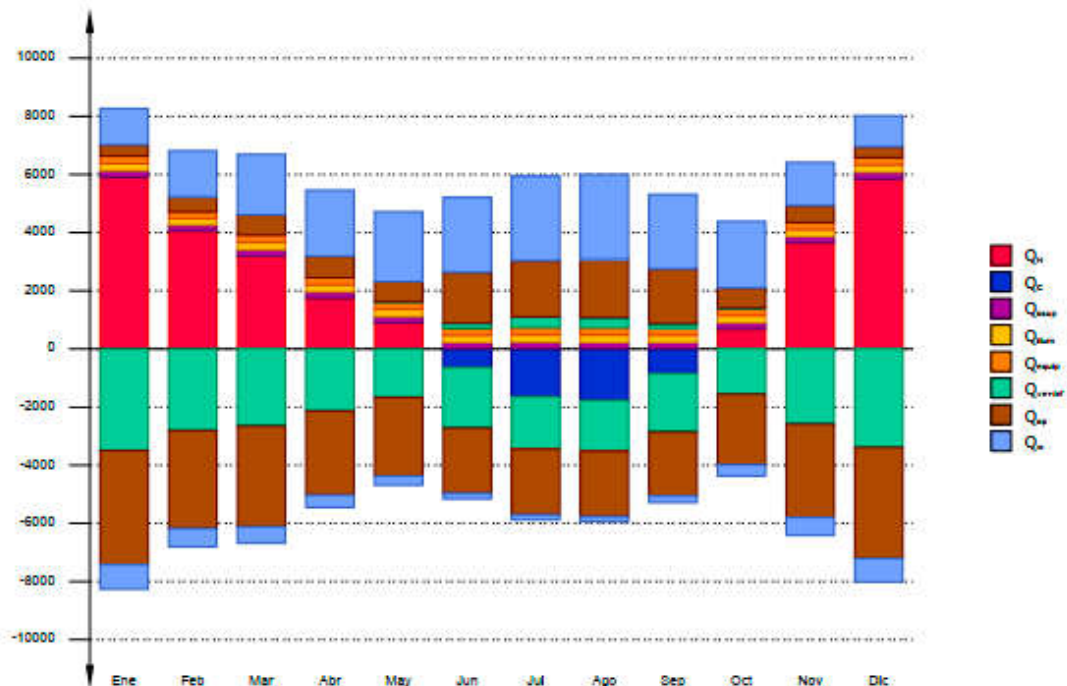
$$D_{ref,edificio} = 23.85 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año} \leq D_{ref,lim} = 15.00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$$



donde:

- $D_{ref,edificio}$: Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.
- $D_{ref,lim}$: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.

La siguiente gráfica de barras muestra el **balance energético del edificio mes a mes**, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica a través de elementos pesados y ligeros (**Q_{op}** y **Q_w**, respectivamente), la energía intercambiada por ventilación e infiltraciones (**Q_{ve+inf}**), la ganancia de calor interna debida a la ocupación (**Q_{ocup}**), a la iluminación (**Q_{ilum}**) y al equipamiento interno (**Q_{equip}**), así como el aporte necesario de calefacción (**Q_H**) y refrigeración (**Q_C**).



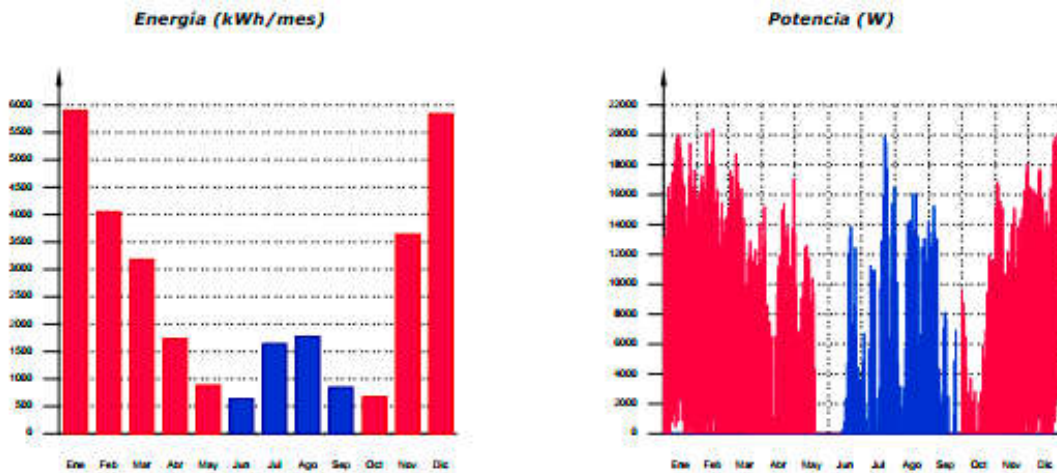
En la parte inferior de la gráfica, se presenta una tabla que desglosa todos los resultados representados en la imagen anterior.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	Año (kWh/m ² -año)
Balance energético anual del edificio.														
Q_{sp}	385.3	521.8	693.6	737.1	690.2	1749.9	1930.9	2013.5	1882.9	691.1	581.5	373.1	-22545.21	-109.81
Q_{tr}	-3937.0	-3372.1	-3465.1	-2895.5	-2708.0	-2245.5	-2255.7	-2245.0	-2206.3	-2427.1	-3219.3	-3819.5	20027.00	97.55
Q_{vent}	--	--	--	--	11.1	171.4	366.2	342.2	150.4	4.1	--	--	-26856.70	-130.81
Q_{equip}	252.0	227.6	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	2967.52	14.45
Q_{lum}	252.0	227.6	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	2967.52	14.45
Q_{ocup}	227.1	208.5	231.5	225.3	227.1	225.3	231.5	227.1	229.7	227.1	220.9	235.9	2716.75	13.23
Q_{th}	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	--	--	--	--	670.0	3640.0	5840.0	25896.93	126.14
Q_c	--	--	--	--	--	-637.0	-1641.6	-1772.4	-846.3	--	--	--	-4897.36	-23.85
Q_{nc}	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	637.0	1641.6	1772.4	846.3	670.0	3640.0	5840.0	30794.29	149.99

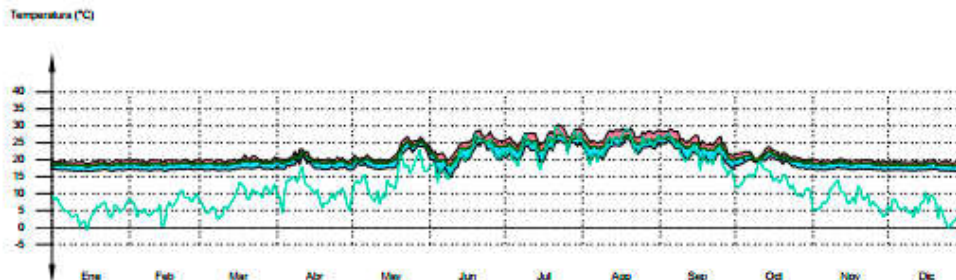
donde:

- Q_{sp} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²-año.
- Q_{tr} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²-año.
- Q_{vent} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²-año.
- Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²-año.
- Q_{lum} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²-año.
- Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²-año.

Posteriormente, la demanda energética mensual de calefacción y refrigeración se representa a través de un gráfico. **Energía (kWh/mes)** y **Potencia (W)** respectivamente.



La evolución de la temperatura operativa interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo:



Para concluir el estudio, se explica la **manera de cálculo del edificio**, especificando su zona climática, las diferentes estancias o recintos, los perfiles de uso utilizados y el procedimiento de cálculo.

3.5.1.4 Valoración de la aplicación

A continuación, se presentará la rúbrica que evalúa el rendimiento de la aplicación según los parámetros establecidos en este apartado.

Coste	Interfaz	Tiempo de elaboración	Precisión de datos exigidos	Compatibilidad BIM
Gratuito	Muy Buena. Intuitiva y organizada. Trabajada estéticamente y de fácil entendimiento.	Largo. Elaboración de modelo BIM completo. Tras exportarlo, se necesita definir de nuevo elementos constructivos, puentes térmicos y sistemas de climatización y ACS.	Alta. Al tratarse de un método no simplificado, la información exigida es bastante, y debe ser precisa para realizar un cálculo riguroso.	Bastante Buena. El formateo OpenBIM es uno de sus puntos fuertes. Sin embargo, ha de mejorarse ligeramente la exportación de toda la información del modelo.
Verificación HED Y HEI	Calificación y Certificación energética	Complementos	Dificultad	Soporte
Muy Buena. Verificación de ambas normativas HED y HEI con una presentación muy completa de los resultados.	Muy Buena. Generación del certificado de eficiencia energética en pdf y XML, listo para firmar y ser presentado en las instituciones pertinentes	Gran variedad. Limitación de descompensaciones. Limitación de condensaciones. Descripción de elementos constructivos.	Media. Apesar de su sencilla interfaz, el tiempo de elaboración y la cantidad de información a cumplimentar, hacen más complejo el proceso.	Buena. Respuesta rápida. Sin embargo, sólo ofrecen soporte a través de correo electrónico al ser una aplicación gratuita.

Puntuaciones



3.5.1.5 Aspectos de Mejora

La aplicación debe mejorar la exportación de los elementos constructivos, permitiendo que la equivalencia de los materiales entre Revit y la aplicación se realice de manera automática, ahorrando así gran cantidad de tiempo.

El apartado de **Planos de Planta** tiene gran potencial de mejora, la representación planimétrica es bastante básica, y no aporta información de peso. Siendo modelos provenientes de softwares BIM, es más conveniente obtener los planos directamente de programa base.

Por último, la herramienta de detección de **puentes térmicos** es bastante genérica. Falta especificación a la hora de definirlos, por lo que se aconseja introducirlos manualmente.

3.5.2 ApliCAD CTE + HULC

Aplicad



En este caso, la solución se compone de dos programas. Con este complemento instalado en Revit, se consigue la exportación directa del modelo.

3.5.2.1 Descripción del programa

La Herramienta Unificada Líder Calener surge de la unificación de los anteriores programas oficiales empleados para la evaluación de la demanda y consumo energéticos (**LIDER**) y para la certificación energética de Edificios (**CALENER**).

La aplicación permite la verificación de las exigencias del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE:

- > 2.2.1 de la sección HE0
- > 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1
- > 2.2.2 de la sección HE0, según el procedimiento básico para la certificación energética de edificios.

El resto de exigencias de las secciones HE0 y HE1 que resulten de aplicación deben verificarse por otros medios.

Por la parte CALENER, la herramienta genera el informe en formato oficial para la **Certificación energética de Edificios**, así como un archivo digital en formato XML, que contiene todos los datos del certificado y que deberá aportarse en el momento del registro.

Compatibilidad con Revit

El complemento ApliCAD CTE se instala sobre Revit, apareciendo en la interfaz del programa como si de una herramienta más se tratase.

Esta aplicación se compone de una barra de funcionalidades con 6 opciones que serán explicadas de manera más detallada en la importación del modelo:

- > Preparar Proyecto
- > Propiedades Proyecto
- > Materiales
- > Propiedades Elemento
- > Exportar a HULC
- > Ayuda

La aplicación permite incorporar previamente los materiales de la base de datos de HULC a nuestros elementos constructivos de Revit, además de poder enlazarlos desde la opción materiales.

Esta extensión ofrece asimismo una familia de sombra para hacer que aquellos elementos constructivos que no definan espacios, pero den sombra (muros, voladizos...) puedan ser reconocidos por HULC.

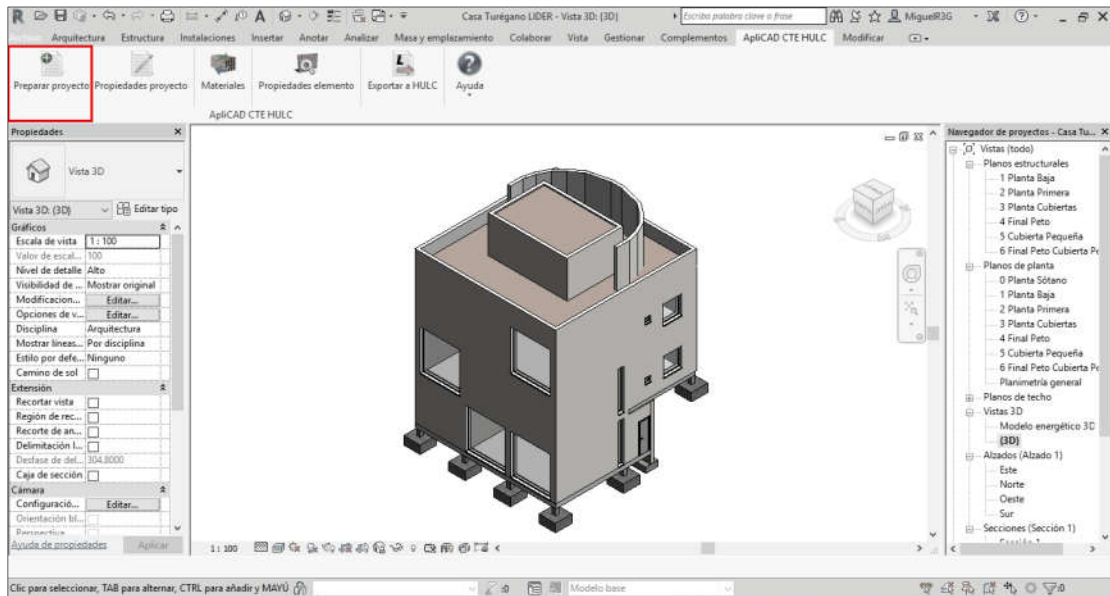
Durante el proceso de exportación, el sistema comprueba la información geométrica del modelo arquitectónico y verifica toda la información necesaria para realizar el análisis en HULC.

El fichero resultante es un archivo de proyecto de HULC, listo para ser abierto en el programa.

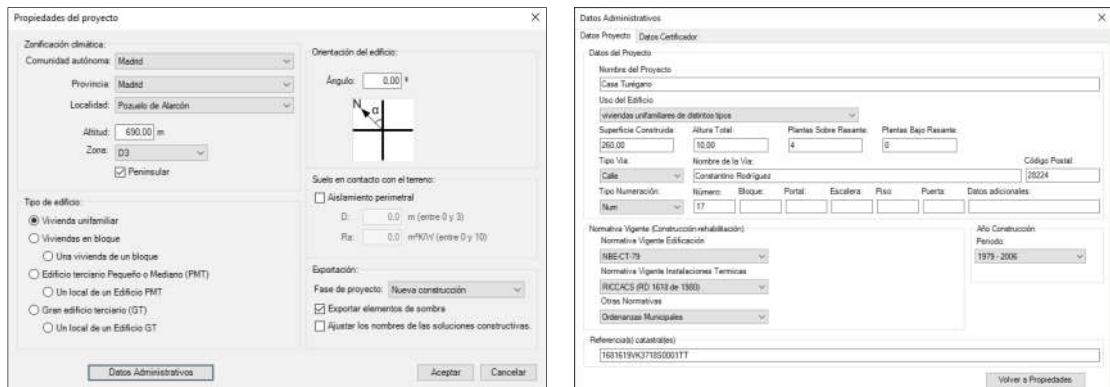
3.5.2.2 El modelo en el programa

En este caso, a diferencia del resto de softwares, no se debe exportar el archivo en otro formato, ya que el complemento funciona desde el propio programa, Revit.

En primer lugar, se crearán los parámetros necesarios para definir las propiedades que necesita HULC para ser exportado. Para ello se activará la función **Preparar Proyecto**.



Acto seguido, se cumplimentará la información relativa al proyecto en el apartado **Propiedades del Proyecto**.



En primer lugar, se indicará su **zona climática**, **localidad**, **orientación** del edificio y tipo de uso (Vivienda unifamiliar) y **construcción** (En este caso escogemos también la opción de Nueva Construcción).

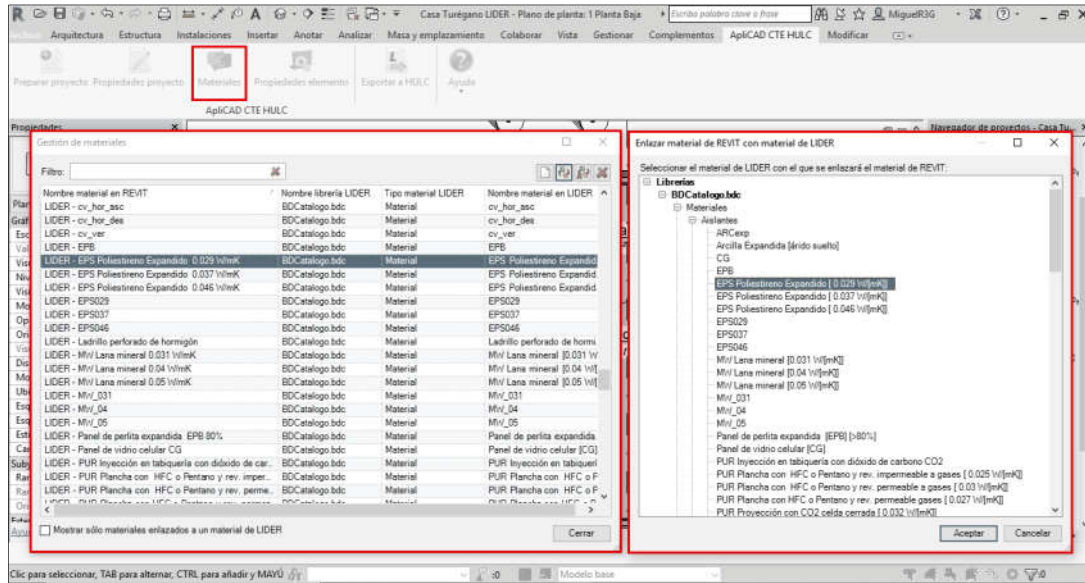
En la parte de **datos administrativos**, se completa la información relativa al inmueble, datos a tener en cuenta a la hora de generar el informe en cuestión.

Además de rellenar la pestaña de Datos del Proyecto, el programa ofrece la cumplimentación del apartado Datos del Certificador, para generar el futuro informe, que deberá ser firmado por el técnico competente en la materia.

Una vez definido el proyecto, se procede a definir los materiales. Para ello, existen dos maneras de preparar los elementos constructivos para que se exporten a HULC con toda la información necesaria.

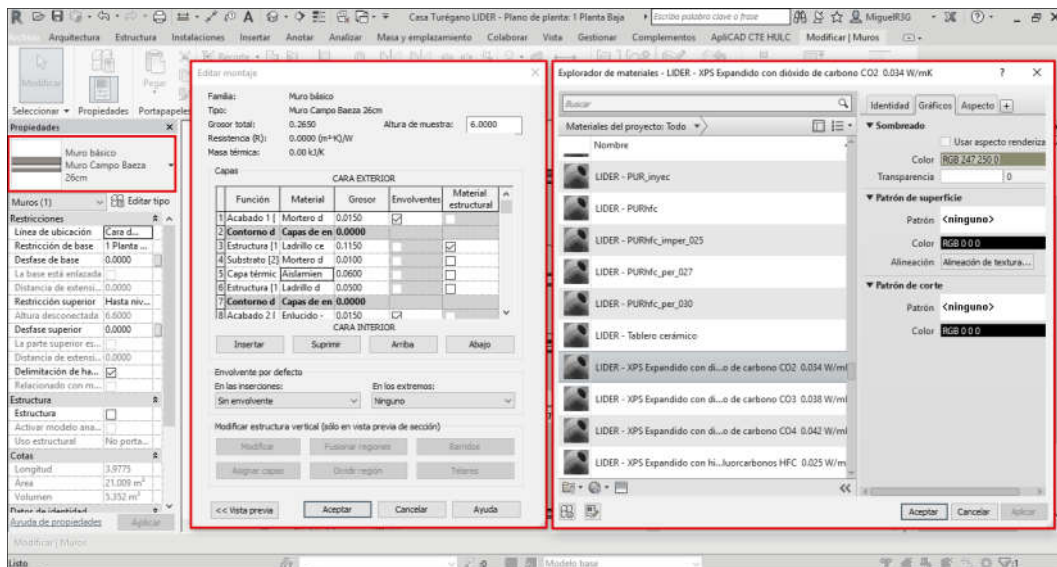
Opción A

Desde la pestaña Materiales, el programa permite enlazar los materiales de la base de datos de Revit, con los de la base de datos de HULC. Muchos de ellos se realizan de manera automática. Para el resto se debe de seleccionar la opción **“Enlazar el material de REVIT con el material de LIDER”**.

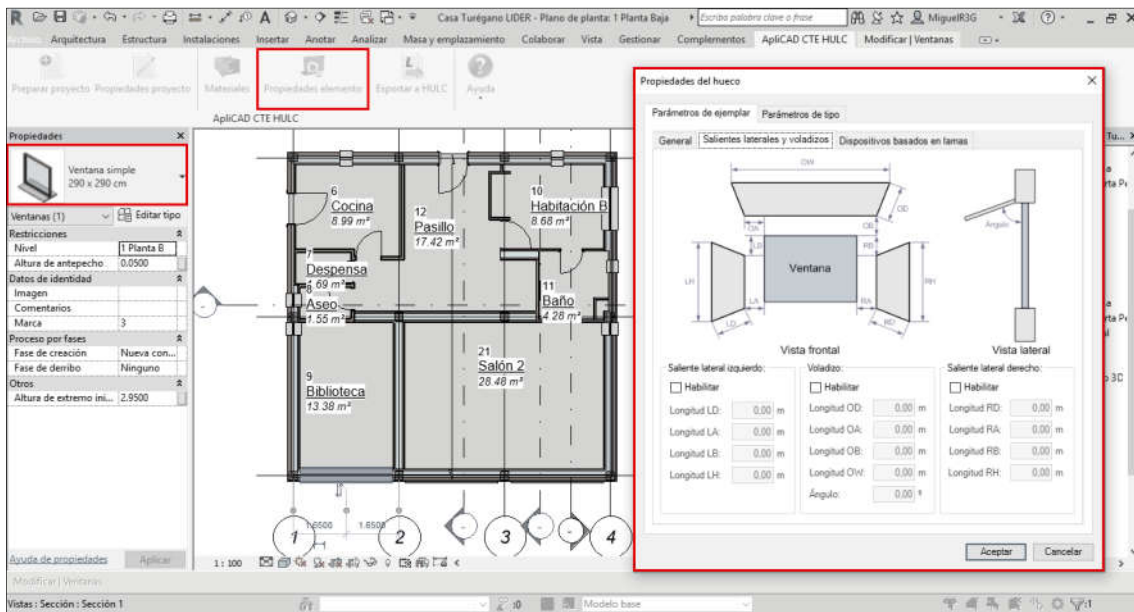


Opción B

Por otro lado, se puede optar por configurar directamente los elementos constructivos con los materiales de HULC que el propio accesorio AplicAD CTE importa a Revit. Sin embargo, la lista de materiales importados automáticamente se tiene que completar de manera manual, siguiendo la opción A.

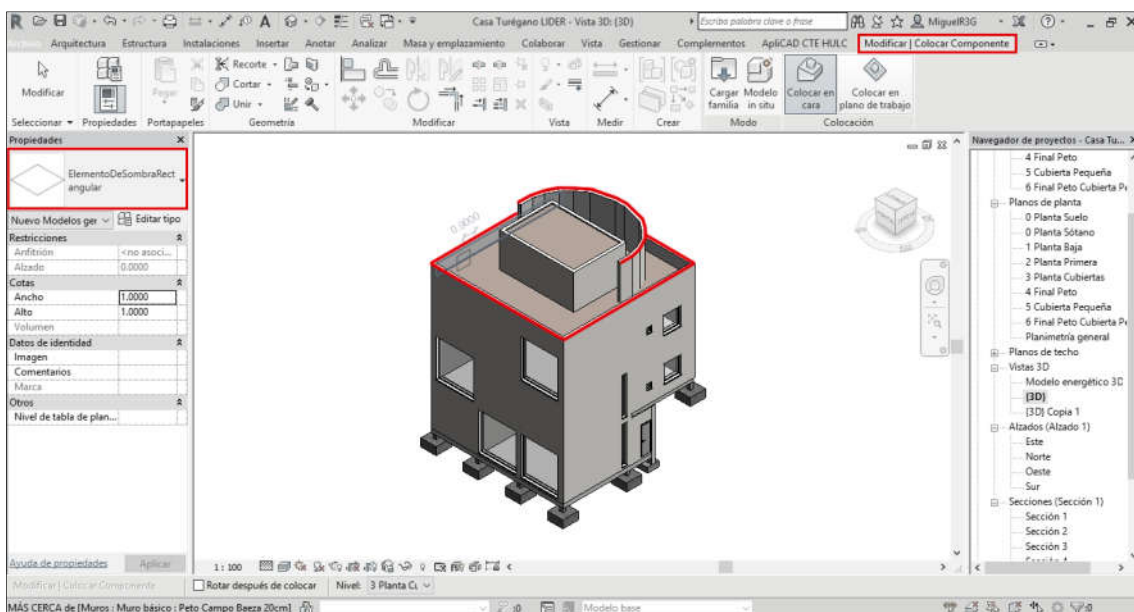


La función **Propiedades Elemento**, permite modificar parámetros de los diferentes elementos constructivos. En el caso de este modelo, no se tendrá que realizar ninguna modificación, pero es una herramienta muy útil para modificar propiedades de ventanas y huecos, por ejemplo.

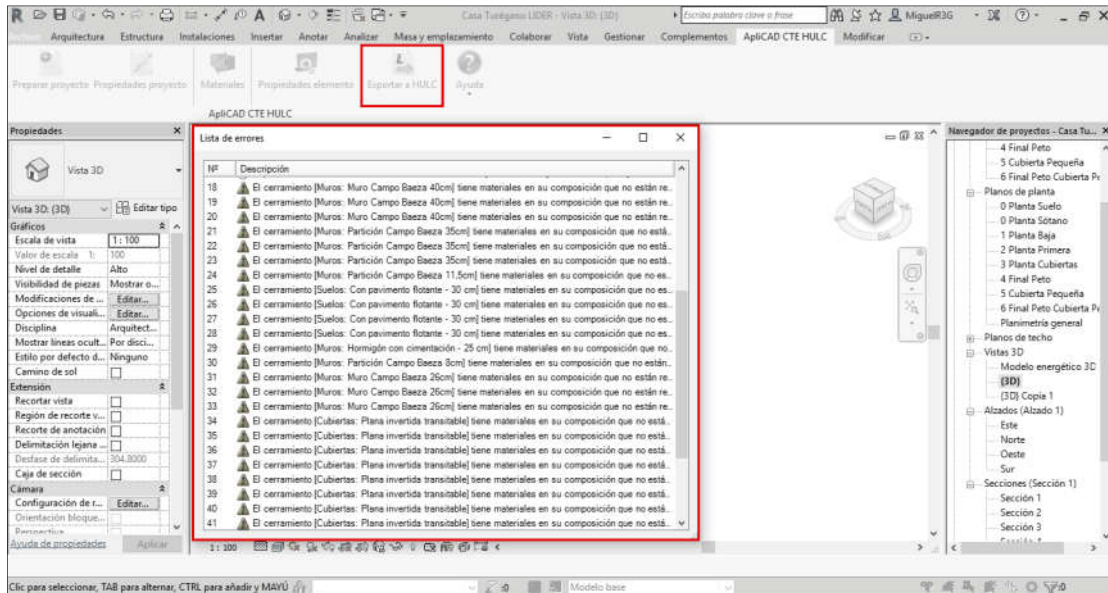


Para concluir con la preparación del modelo, se ha tenido que modificar la geometría del muro curvo (no aceptada por HULC) por un muro poligonal. Tanto a este elemento como al peto de la cubierta, se les ha añadido el **componente de sombra**, que ofrece la aplicación para ser exportado a HULC.

Este componente consiste en un **plano rectangular** modificable en tamaño y forma, que se adapta a las superficies necesarias, en este caso el muro curvo y el peto, para que estas geometrías que generan sombra puedan ser detectadas por HULC.

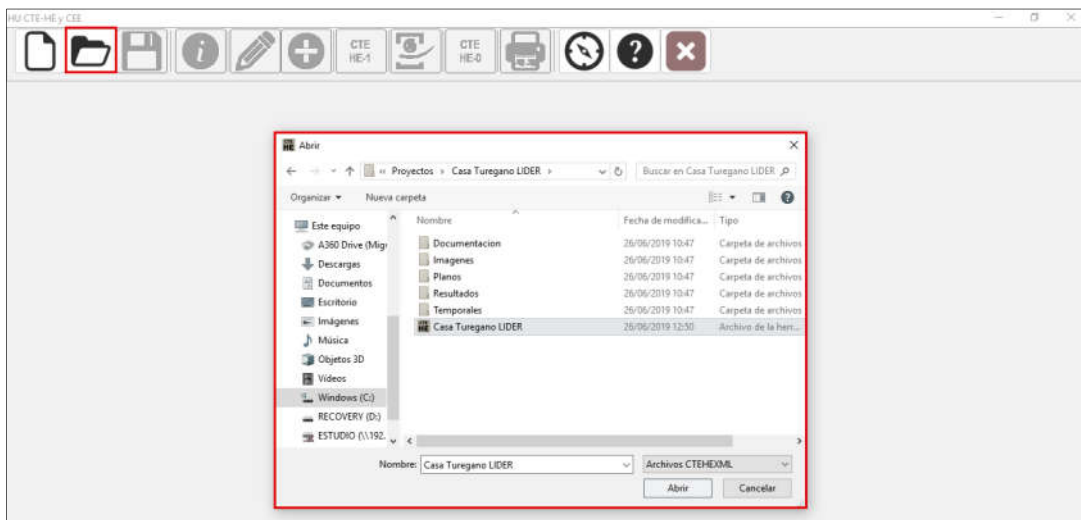


Una vez preparado el archivo, se presionará la opción **Exportar a HULC**. Automáticamente, la extensión reconoce las habitaciones, los elementos constructivos y los parámetros incluidos con anterioridad. Una vez finalizada la exportación, la aplicación genera un **informe de errores** en caso de haber materiales constructivos o habitaciones que no se han exportado. Estos errores se podrán solventar modificando el modelo en Revit o directamente en HULC.

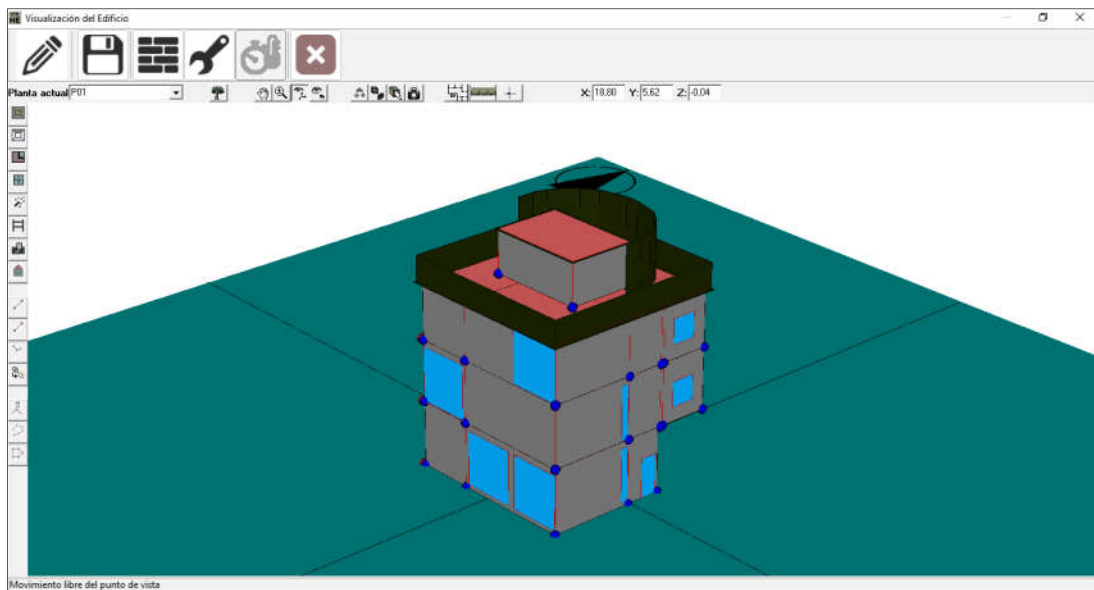


Hay que señalar que el informe de errores notifica un fallo en aquellas estancias con dobles alturas o separadores de habitaciones (fronteras no físicas entre habitaciones) como en el caso del salón principal, espacio a doble altura sobre el que vuelcan varias estancias. Por tanto, para facilitar la exportación, todos los espacios contienen solamente una planta y están completamente cerrados por tabiques. Este problema se solventará una vez importado el modelo a HULC.

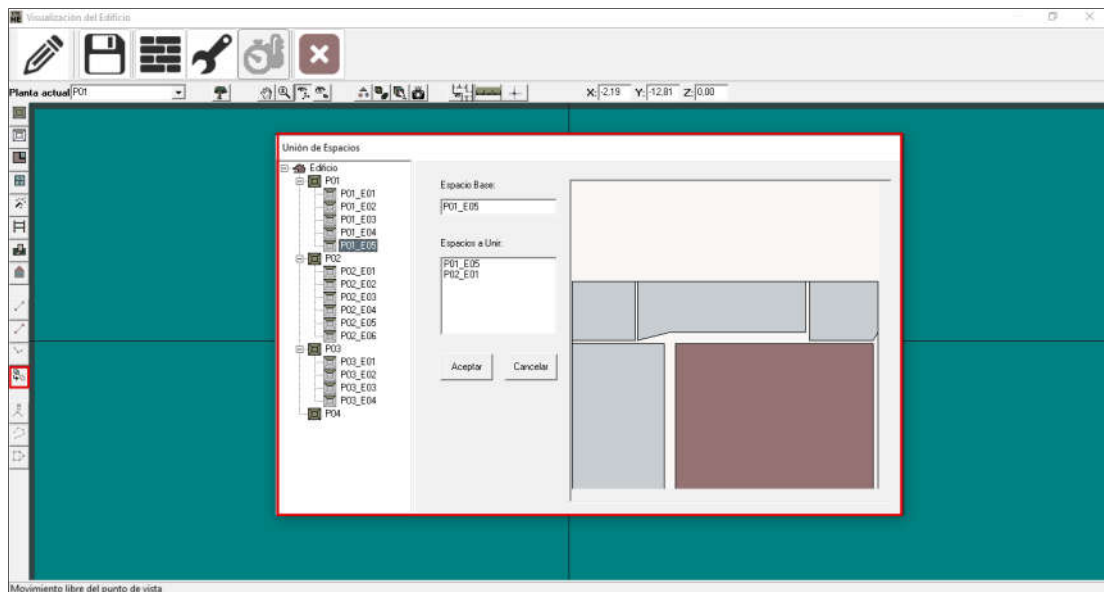
Tras exportar el edificio, AplicAD CTE genera una carpeta para almacenar el proyecto con toda la información relativa al mismo, además del archivo en formato HULC, que se abrirá en el programa.



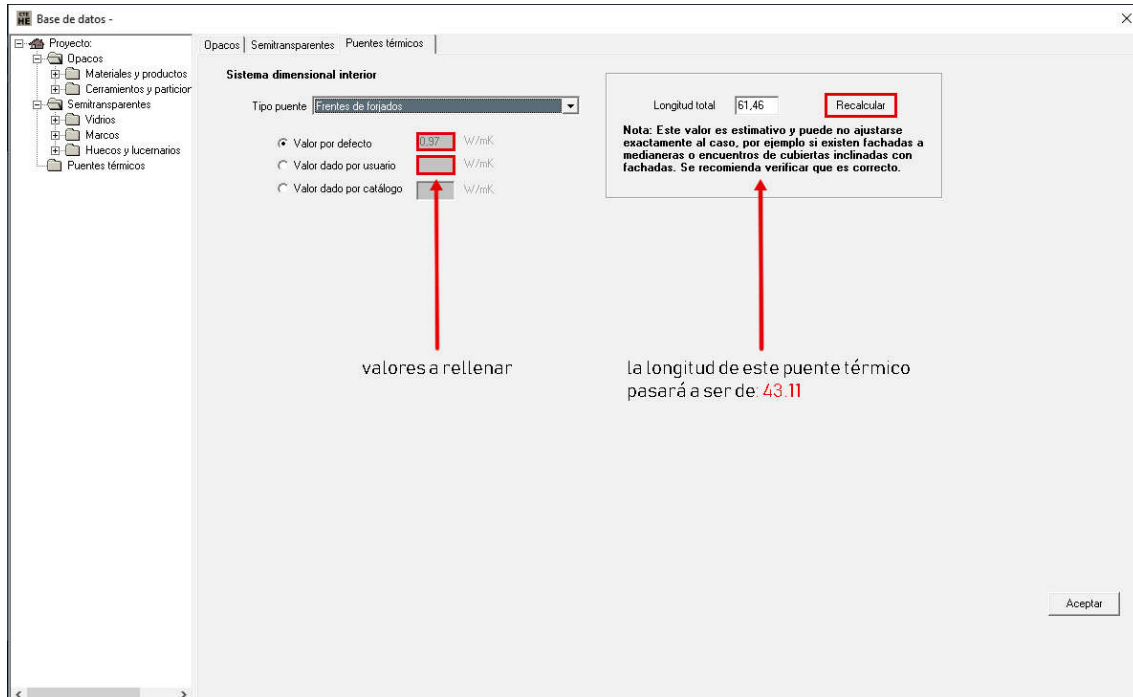
Una vez abierto el archivo, se comprueba que la información relativa a los datos generales, coincide con la rellenada anteriormente en la parte de AplicAD CTE (Datos Administrativos y Generales)



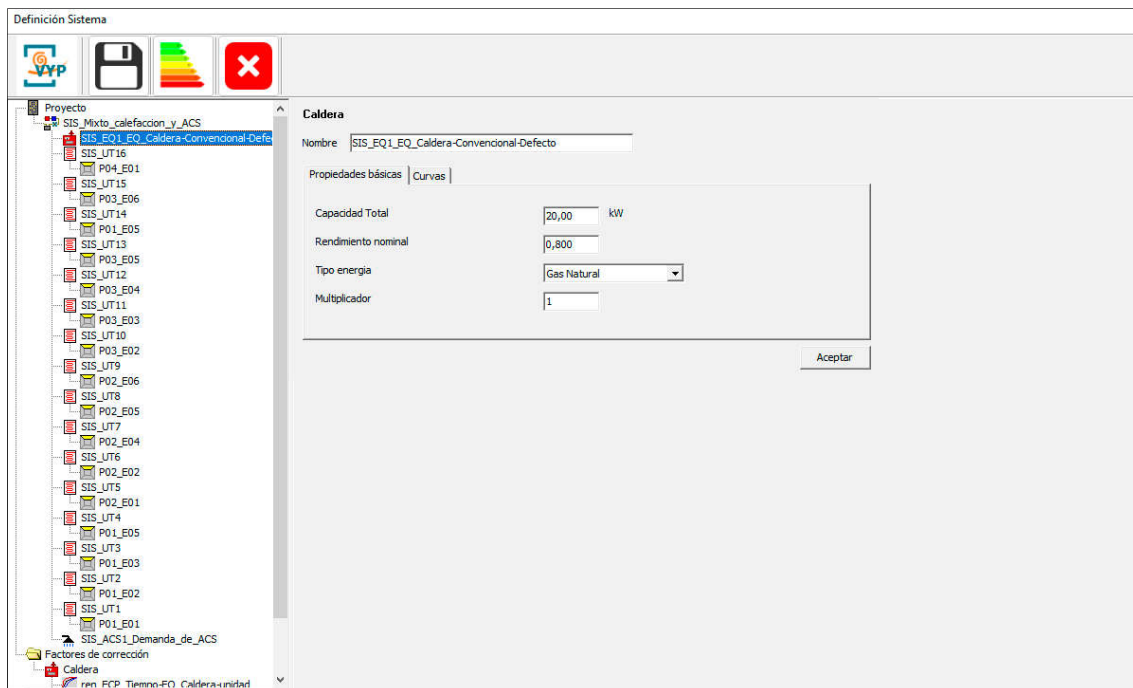
A continuación, se unen los espacios divididos con anterioridad, a través de la función **Unir Espacios**. Se selecciona un **Espacio Base** y un **Espacio a Unir**. Como resultado, el programa considerará ambas estancias como una sola estancia continua.



Una vez unidas las estancias y verificados los materiales de los elementos constructivos, se realizará la definición de los puentes térmicos. Sin embargo, al calcular los puentes térmicos habiendo unido las estancias, el programa da **error**, al no detectar la estancia que ha sido “absorbida” al realizar la unión. Como solución, se optará por eliminar la longitud correspondiente al puente térmico del forjado que ya no existe, para omitir esa pérdida de calor. En cuanto al **valor de los puentes térmicos**, se tendrá en cuenta el utilizado en la anterior herramienta CYPETherm, para asemejar al máximo los valores de cálculo.



Para completar la definición, se asignará el **equipo de climatización**, en este caso caldera, y las distintas **unidades terminales**. El programa solo permite añadir radiadores, por lo que se ha calculado una capacidad nominal según la estancia, haciendo una equivalencia entre el metro cuadrado de suelo radiante y la energía que aportaría el radiador en cuestión.



Una vez completados todos los datos requeridos, se generarán los **resultados** pulsando los botones **CTE HE-1** y **CTE HE-0**. El programa emitirá una serie de gráficos, así como información en notas de texto para incluir en la certificación requerida. Sin embargo, el programa no genera un documento oficial listo para realizar la verificación de las exigencias o la certificación en cuestión.

3.5.1.3 Evaluación de resultados

Calificación energética

resumenresultados: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Resumen Resultado Calener vvp

Certificación Energética de Edificios (kgCO₂/m²)

Edificio Objeto	Calificacion
2	C

Demanda calefacción (kWh/m²)

Edificio Objeto	Calificacion
6	C

Demanda refrigeración (kWh/m²)

Edificio Objeto	Calificacion
2	D

Emisiones CO₂ Calefacción (kgCO₂/m²)

Edificio Objeto	Calificacion
2	C

Emisiones CO₂ Refrigeración (kgCO₂/m²)

Edificio Objeto	Calificacion
3	B

Emisiones CO₂ ACS (kgCO₂/m²)

Edificio Objeto	Calificacion
4	E

Demandas (kWh/m²)

Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción: 6	0
Refrigeración: 2	0

Consumos Energía Final (kWh/m²)

Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción: 8	0
Refrigeración: 1	0
ACS: 1	0
Total: 1	0

Consumos Energía Primaria (kWh/m²)

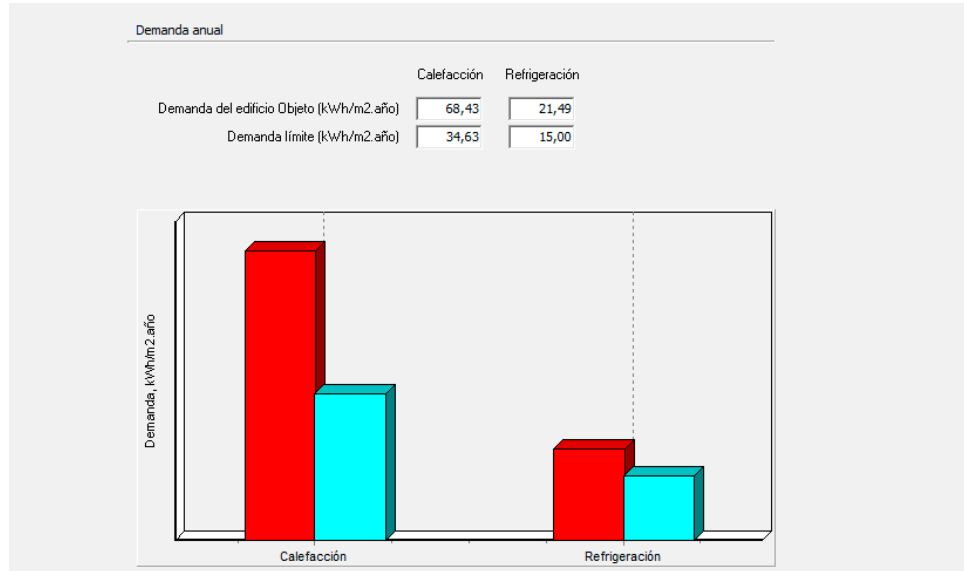
Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción: 1	0
Refrigeración: 2	0
ACS: 1	0
Total: 1	0

Emisiones de CO₂ (kgCO₂/m²)

Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción: 2	0
Refrigeración: 3	0
ACS: 4	0
Total: 2	0

La calificación según la Herramienta Unificada es de una C, más elevada que el resto de herramientas, que suelen tender a ofrecer valores inferiores para tener más margen de error.

Justificación HEI



En cuanto a las exigencias del CTE, la herramienta genera gráficas comparativas entre la demanda límite y la del edificio objeto. En este caso al superar la límite a la del objeto, el **edificio no cumple**.

3.5.2.4 Valoración de la aplicación

A propósito de la valoración que se dará a continuación, cabe destacar que la extensión **ApliCAD** para Revit cumple de manera satisfactoria con sus funciones. Sin embargo, la **Herramienta Unificada Lider Calener**, tiene bastante margen de mejora.

Coste	Interfaz	Tiempo de elaboración	Precisión de datos exigidos	Compatibilidad BIM
495€ Licencia anual / 49€ Mensual	Media. Trabajada estéticamente y de fácil entendimiento. (Parte ApliCAD). Demasiado simple y con mucho margen de mejora. (HULC)	Largo. Elaboración de modelo BIM completo. Tras exportarlo, se necesita definir sistemas de climatización y ACS. Los puentes térmicos se calculan automáticamente.	Alta. Al tratarse de un método no simplificado, la información exigida es bastante, y debe ser precisa para realizar un cálculo riguroso.	Bastante Buena. El formateo OpenBIM es uno de sus puntos fuertes. Sin embargo, ha de mejorarse ligeramente la exportación de toda la información del modelo.
Verificación HEDYHEI	Calificación y Certificación energética	Complementos	Dificultad	Soporte
Normal. Resultados mucho más simplificados. No genera informe justificativo.	Muy Buena. Generación del certificado de eficiencia energética en pdf y XML, listo para firmar y ser presentado en las instituciones pertinentes	Ninguno. Se limita a las funciones que se le exige. LIDER y CALENER.	Media. Apesar de su importación mejorada, el tiempo de elaboración y la cantidad de información a cumplimentar, hacen más complejo el proceso.	Muy Buena. Gran calidad de la atención prestada. Seguimiento telefónico y a través de TeamViewer, donde el técnico puede supervisar desde su ordenador el tuyo.

Puntuaciones



3.5.2.5 Aspectos de Mejora

Por parte del complemento de exportación a HULC, **ApliCAD CTE**, podrían mejorarse 3 cosas:

- > Una mayor correspondencia y equivalencia de los materiales, de tal manera que automáticamente todos los materiales de Revit tuviesen su correspondencia en un material de HULC.
- > Una mejor coordinación para no tener que modificar las propiedades cada elemento constructivo para indicar si son particiones interiores o exteriores, cubiertas o forjados, entre otros, (cuando en el propio elemento en Revit ya se especifica su condición).
- > La posibilidad de no tener que compartimentar estancias con dobles alturas, realizando una exportación directa y fiel de la disposición de las habitaciones.

En el caso de HULC, la interfaz de modelado deja mucho que desear. El movimiento de la **cámara** es incómodo, la **correspondencia** entre la lista de elementos y su componente gráfica es bastante precaria, y se tarda tiempo en encontrar el elemento constructivo en cuestión. No se entrará en el aspecto del **modelado**, ya que este ha sido realizado directamente con Revit.

3.6 Herramientas no compatibles con BIM

3.6.1 CE3X

Efinovatic



3.6.1.1 Descripción del programa

Anteriormente, este programa servía solamente para certificar edificios existentes. Tras desarrollar un complemento reconocido por la Administración, permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio nuevo y de pequeño terciario, tanto en su fase de proyecto como del edificio terminado.

Mediante este programa se puede certificar de una forma simplificada cualquier tipo de edificio, pudiéndose obtener cualquier calificación desde **"A" hasta "G"**.

Al ser un programa de método simplificado, se adapta a gran variedad de situaciones. De esta manera, la gran mayoría de los valores se pueden introducir de 3 maneras: **Valores Conocidos, Valores Estimados y Valores Por Defecto** (aquellos extraídos del programa HULC)

Además, la aplicación permite verificar el cumplimiento de las exigencias de **DB HE0 y DB HE1** del CTE, aunque sin emitir el informe correspondiente. Aunque para ello hay que servirse de una extensión.

Su interfaz se divide en una serie de Pestañas a cumplimentar:

- > Datos Administrativos
- > Datos Generales
- > Envolverte Térmica
- > Instalaciones
- > Calificación Energética

Asimismo, el programa permite la instalación de complementos que ofrecen funcionalidades adicionales. Suelen ser **extensiones** ofrecidas por fabricantes para facilitar la implantación de sus soluciones constructivas en vistas a mejorar la calificación energética de la vivienda. Ejemplo de ello son los softwares de VELUX, ISOVER, SALTOKY, SOMFY o Passivhaus, entre otros.

Para este caso, se instalará el complemento **ISOVER Comprobación CTE 2013**, que permitirá verificar el cumplimiento de las exigencias HE0 y HE1.

3.6.1.1 El modelo en el programa

Al tratarse de un método simplificado, el programa no permite la importación ni la generación de ningún tipo de modelo. Sin embargo, la vivienda producida en Revit nos aportará una serie de datos de gran utilidad a la hora de completar la información requerida.

CE3X - res: C:\Users\Miguel\Desktop\Casa Turigano CE3X.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones Calificación Energética

Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio: Casa Turigano

Dirección: C/ Constantino Rodríguez, 17

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Pozuelo de Alarcón Código Postal: 28224

Referencia Catastral: 1681619WK37185000JTT

Datos del cliente

Nombre o razón social: Miguel Angel Padilla

Dirección: Av. Salamanca s/n

Provincia/Ciudad autónoma: Valladolid Localidad: Valladolid Código Postal: 47014

Teléfono: E-mail:

Datos del técnico certificador

Nombre y Apellidos: Miguel Rueda NIF:

Razón social: UVA CIF:

Dirección: Av. Salamanca s/n

Provincia/Ciudad autónoma: Valladolid Localidad: Valladolid Código Postal: 47014

Teléfono: E-mail:

Titulación habilitante según normativa vigente: Grado en Fundamentos de la Arquitectura

En este apartado, se completan los **Datos Administrativos**: referentes al proyecto, el cliente y el técnico certificador, siguiendo la estructura del documento resultante.

CE3X - res: C:\Users\Miguel\Desktop\Casa Turigano CE3X.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones Calificación Energética

Datos generales

Normativa vigente: CTE 2013 Año construcción: 1988

Tipo de edificio: Unifamiliar

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Pozuelo de Alarcón Zona climática: HE-1 HE-4

Definición edificio

Superficie útil habitable: 260 m²

Altura libre de planta: 2,7 m

Número de plantas habitables: 4

Ventilación del inmueble: 0,63 ren/h

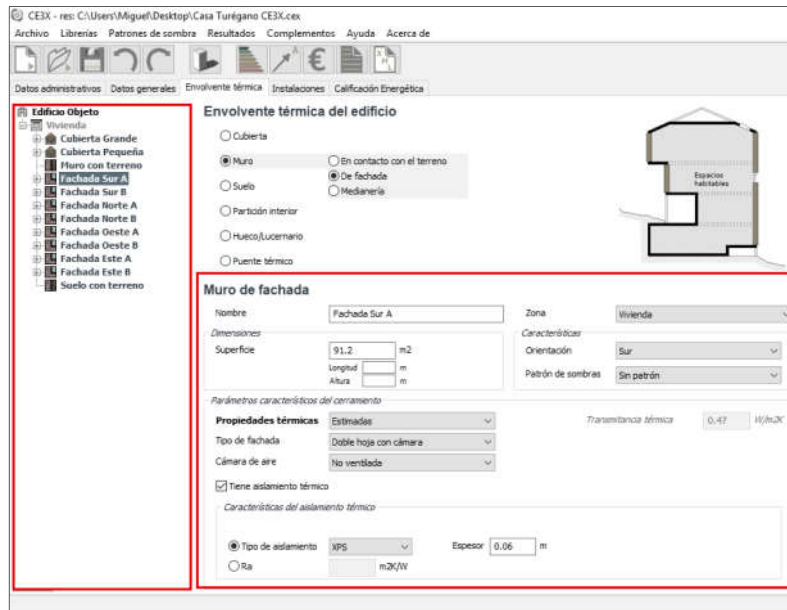
Demanda diaria de ACS: 164 l/día

Masa de las particiones internas: Ligera

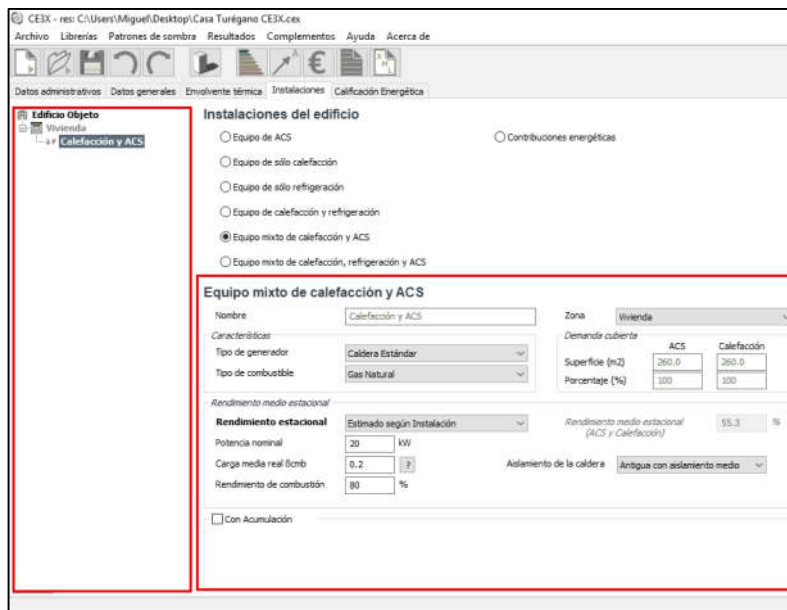
Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imagen edificio Plano situación

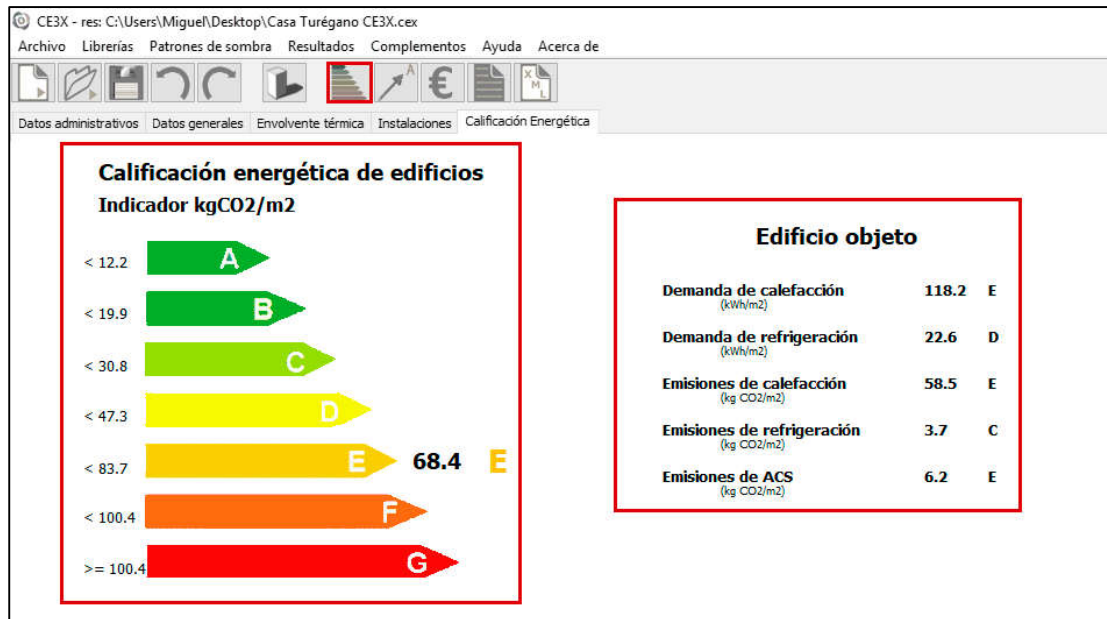
En la siguiente pestaña, se rellenarán los **Datos Generales** del edificio, referentes a su localización y zona geográfica. Por otro lado, el programa demanda información genérica sobre las dimensiones de la casa, plantas, o demanda diaria de ACS.



Una vez definidos los parámetros generales, se procede a la elaboración de todos los componentes constructivos de la **Envolvente Térmica del Edificio**, que se van definiendo uno a uno, especificando sus propiedades en los diferentes grupos: Cubierta, Muro, Suelo, Partición Interior, Hueco/lucernario y Punto Térmico. Todos ellos irán apareciendo en el árbol de elementos constructivos situado en la parte izquierda de la pantalla.



Posteriormente, se realiza la misma acción con las **Instalaciones**. Basta con dar una serie de datos genéricos referentes al equipo mixto de calefacción y ACS (en este caso) como el tipo de método de generación, en esta ocasión **Caldera**, con su potencia, rendimiento, y la superficie calefactada.



Tras haber rellenado los apartados anteriores, se pulsará sobre el botón situado en la parte superior: **Califica el Proyecto**. Automáticamente, el programa generará un pequeño informe de calificación del edificio, separando cada uno de los parámetros a analizar y ofreciendo como resultado a **calificación final**.

Una vez obtenida esta "etiqueta" se procede a crear el **documento oficial** para poder certificar el edificio. A través de los botones situados en la barra superior (Genera el Informe del Proyecto) el software permite exportar el documento en formato **pdf** y en **xml**.

Acto seguido, se procederá a verificar el cumplimiento de las exigencias de CTE. Para ello, se activará en complemento **ISOVER Comprobación CTE 2013**, en este caso se seleccionará como un edificio nuevo, se completarán los datos geográficos con la altitud y procederemos a realizar la verificación.

Indique el tipo de proyecto

Defina el tipo de inmueble

Edificio nuevo

Rellene los siguientes datos

Localidad: Pozuelo de Alarcón

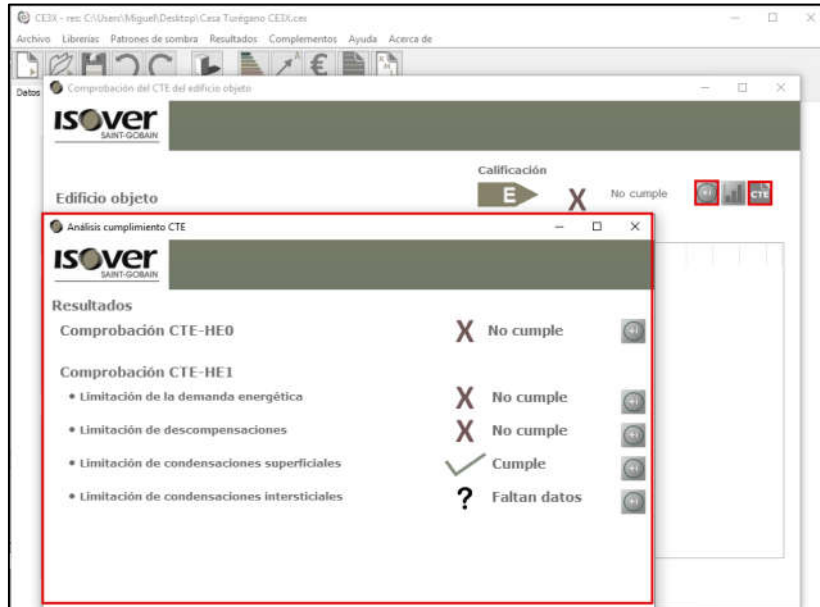
Capital: Madrid

Desnivel* (m): 690.0

* Desnivel: Diferencia de altura, en metros, entre la localidad y la capital de provincia.

Anterior Continuar

La aplicación tiene 3 funcionalidades. En primer lugar, **iAnaliza**, que estudia el potencial de ahorro de la edificación, desglosando el estudio por meses. Por otro lado, se encuentran las herramientas vinculadas con las exigencias del CTE. En este caso permite **visualizar rápidamente** el cumplimiento de las exigencias, y emitir, en consecuencia, un **informe explicativo** de la justificación.



3.6.1.3 Evaluación de resultados

Certificación Eficiencia Energética

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	E	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	E
	58.43		5.67	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
	3.66		-	

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	E	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	E
	275.91		26.78	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
	21.59		-	

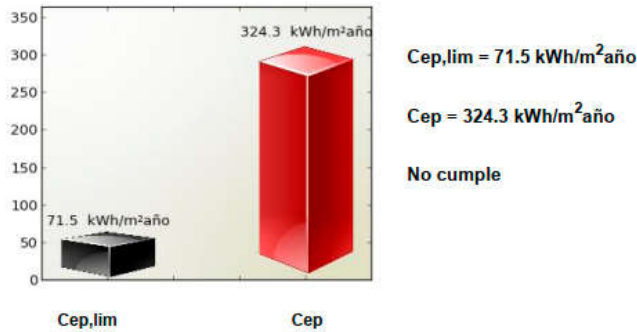
3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]
128.2	22.1

En resumen, con la siguiente aplicación, la vivienda obtiene una calificación energética **E**, en cuanto a emisiones, consumo de energía primaria no renovable y demanda de calefacción. En cambio, obtiene una calificación **D** en la demanda de refrigeración.

Justificación HE0



Siendo:

Cep: consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o de la parte ampliada

Cep,lim: valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para servicios de calefacción, refrigeración y ACS.

$$Cep,lim = Cep,base + Fep,sup/S$$

Cep,base: consumo energético de energía primaria no renovable en función de la zona climática de invierno.

Fep,sup: factor de corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, según los valores recogidos en la tabla 2.1 de la sección HE0 del CTE.

S: superficie útil de los espacios habitables del edificio o la parte ampliada.

La exigencia se verifica a través del análisis del consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable. En este caso, al ser considerablemente mayor ($324,3 > 71,5$ kWh/m².año) la exigencia **no cumple**. En este caso, se ve que consumo energético aumenta considerablemente con respecto a las aplicaciones anteriores, al tener las aplicaciones simplificadas una mayor tolerancia, aunque siempre tendiendo a resultados más negativos.

Justificación HE1

En el caso de esta exigencia, la información viene mucho más detallada, con gráficos explicativos de los resultados. En primer lugar, se comprueba que la demanda anual por superficie útil cumple., tanto en el caso de **calefacción** como en el de **refrigeración**.



Siendo:

Dcal: demanda energética de calefacción del edificio o de la parte ampliada

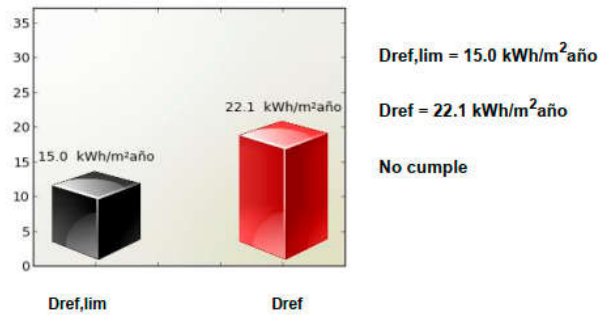
Dcal,lim : valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kWh/m²año, considerando la superficie de espacios habitables.

$$Dcal,lim = Dcal,base + Fcal,sup /S$$

Dcal,base: valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno, según tabla 2.1 del HE1 del CTE 2013.

Fcal,sup: factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, según tabla 2.1 del HE1 del CTE 2013

S: superficie de los espacios habitables del edificio.



Siendo:

Dref: demanda energética de refrigeración del edificio o de la parte ampliada

Dref,lim : valor límite de la demanda energética de refrigeración, expresada en kWh/m²año, considerando la superficie de espacios habitables.

Como era de esperar, **ninguna de las exigencias cumple**. Estos datos se contrastan con información relativa a los equipos y la construcción de la vivienda en el documento adjunto en los anexos. Adicionalmente, el complemento ISOVER aporta información relativa a cálculo de las **condensaciones** y del límite de **compensaciones**.

3.6.1.4 Valoración de la aplicación

En este caso se valorará el software CE3X junto con el complemento de análisis ISOVER.

Coste	Interfaz	Tiempo de elaboración	Precisión de datos exigidos	Compatibilidad BIM
Gratis	Muy Buena. Intuitiva y organizada. Trabajada estéticamente y de fácil entendimiento.	Muy Corto. La simplificación del proceso y de los cálculos, permite obtener resultados con bastante rapidez.	Media. Al tratarse de un método simplificado, la información exigida es menos específica, y en detrimento, el cálculo es menos preciso.	Nula. El método simplificado solo trabaja con datos, no con modelo. Sin embargo, se pueden extraer datos del modelo ya realizado con facilidad.
Verificación HED Y HEI	Calificación y Certificación energética	Complementos	Dificultad	Soporte
Muy Buena. Verificación de ambas normativas HED y HEI con una presentación muy completa de los resultados. (Complemento ISOVER)	Muy Buena. Generación del certificado de eficiencia energética en pdf y XML, listo para firmar y ser presentado en las instituciones pertinentes	Variedad. Pertenecientes a empresas del sector de la construcción que ofrecen sus soluciones para obtener un cálculo más preciso a la hora de la certificación.	Fácil. La simplificación del método convierte la aplicación en una herramienta muy fácil de usar.	Malo. Soporte telefónico pagando. Sin embargo, la utilización del programa esta generalizada y se encuentran soluciones con facilidad en foros.

Puntuaciones



3.6.1.5 Aspectos de Mejora

El programa da de sí todo lo que puede, no se puede exigir más precisión debido a la simplificación del cálculo y los datos de partida.

Los complementos mejoran los puntos débiles que el programa pueda tener, con lo que sus carencias como la justificación del HE0 y HE1 quedan corregidas.

3.6.2 CERMA

Instituto Valenciano de la Edificación y ATECYR



3.6.2.1 Descripción del programa

CERMA es una aplicación gratuita que permite la obtención de la calificación de la eficiencia energética en edificios de viviendas de nueva construcción, ofreciendo un estudio detallado para mejorar la calificación obtenida.

Como programa de método simplificado, no necesita modelar el edificio, **CERMA** crea un edificio equivalente con los datos que añadidos en las distintas pestañas. Esas pestañas

En cuanto a la **calificación energética**, CERMA emite una calificación en formato xml. En el caso del cumplimiento de los Documentos Básicos de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, como son el **HE0**, el **HE1**, el **HE2** y el **HE4**. También genera gráficas relativas a consumo de energía del edificio.

La principal adaptación que presenta CERMA en su modo de trabajo es la caracterización de la **permeabilidad de los huecos**. La permeabilidad al aire de los huecos está directamente relacionada con las renovaciones/hora de un recinto, dato que ejerce gran influencia en los resultados de la evaluación energética de un edificio residencial.

El programa consta de varios apartados: Título, Global, Entorno, Muros, Cubiertas, Suelos, Huecos, Puentes Térmicos y Equipos, en los que se definen las características del proyecto. Posteriormente, encontramos la parte de los resultados, y la verificación de las exigencias HE.

3.6.2.2 El modelo en el programa

La definición del modelo comienza con el relleno de los campos de información relativos al **edificio** y el **certificador**, necesarios para generar el certificado.

The screenshot shows the CERMA software interface with the following data entered:

Edificio (campos obligatorios)

- Nombre edificio: Casa Turégano
- Ref. catastral/s: 1681619VK3718S0001TT
- Año construcción: 1988
- Legislación aplicable: CTE 2013
- Dirección: C/ Constantino Rodriguez, 17
- Provincia: Madrid
- Municipio: Madrid
- CP: 28224
- Comunidad Autónoma: Madrid
- a.s.n.m.: 653
- latitud(°): 40,42
- Zona climática: Temperatura (HE1) D3
- Radiación (HE4) IV

Certificador (campos obligatorios)

- Nombre apellidos: Miguel Rueda Garcia
- Razón social: TFG - UVa
- Domicilio: Avda. Salamanca s/n
- Provincia: Valladolid
- Municipio: Valladolid
- CP: 47014
- Comunidad Autónoma: Castilla y León
- e-mail: ruedagarciamiguel@gmail.com
- Titulación habilitante: Arquitecto
- Telefono: 689458154
- NIF: 71183227K
- CIF: Q4718001C

(campos NO obligatorios)

Certificador | **Proyektista** | **Representante** | **Persona de contacto** | **Promotor** | **Propietario**

Nº de expediente: [] Tel.fijo: []

Nº de expediente ICE + Fecha inspección (ICE) []

NºColegiado: [] Colegio profesional: []

Posteriormente, se completará la información espacial del edificio: superficie, volumen, número de estancias y tipos de estas (habitaciones, salones, cocinas...)

The screenshot shows the CERMA software interface with the following data entered:

Tipo de edificio

- Viviendas Unifamiliares
- Número de plantas sobre rasante: 3
- Número de plantas bajo rasante: 1

Generales

- Volumen total (m3): 900,0
- Suelo habitable (m2): 260,0
- Clase de higrometría: 3 (55%)

Ayuda cálculo nº de renovaciones (CTE-HS3)

espacios secos	
nº dormitorios dobles (>8* m2)	4
nº dormitorios sencillo (>6* m2)	0
nº de estar-comedor (>16* m2)	2

espacios húmedos	
nº de cuartos de baño	5
Superficie cocina * (m2)	9,0

*Superficie recintos sin incluir espacio para almacenamiento

nº renovaciones: 0,37

nº renov/hora finales (utilizado por el programa) (sino se conocen utilizar 0,63 renov./h): 0,37

Buttons: Archivo Plano Situación, Archivo Imagen Edificio, Eliminar

Posteriormente, se dispone a definir los diferentes elementos constructivos del edificio: Muros, Cubiertas, Suelos, Huecos y Puentes Térmicos. Aquí se adjunta la definición de los muros. En primer lugar, se seleccionan las diferentes categorías de muros exteriores, y se especifica los metros cuadrados de fachada que contiene cada uno de ellos.

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompensaciones

Ext. Tipo 1		Ext. Tipo 2	
N.NO.NE	Area total (m2) / Area fuera 1ºplano (m2)	N.NO.NE	Area total (m2) / Area fuera 1ºplano (m2)
U	0,90,0	U	0,0
(W/m2K)	0,0	(W/m2K)	0,0
S	0,0	S	0,0
SE	0,0	SE	0,0
E	0,0	E	0,0

Ayuda valores transmitancias
 U (W/m2K)
 Tipología:
 Muro exterior
 Muro interior
 Muro a terreno

Otros muros Tipo 1
 Local/no hab. Local no hab./Ext. Nivel estanquidad
 A local no acondicion. (buhardillas, garajes,..) Area U total (m2) (W/m2K) total (m2) (W/m2K)
 No definido No definido No definido No definido
 1 (renov/h=0)
 2 (renov/h=0.5)
 3 (renov/h=1)
 4 (renov/h=5)
 5 (renov/h=10)

En contacto terreno Area (m2) U (W/m2K)
 Profundidad 1,0 m 0,0 0,0 No definido

Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras 0,0 1,00 No definido

Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso 0,00 No definido

Una vez definidas, se modifican sus **componentes** especificando los materiales que forman el elemento constructivo.

Elección de cerramientos

Base datos
 Clasificación Subtipos: Todos

Subtipo: F5 Fábrica con revestimiento continuo, con cámara de aire ventilada

F1.1 B	0,69
F1.1 B(D)	2,07
F2.1 B	0,57
F2.1 B(D)	0,55
F3.1 B	0,64
F4.1 B	0,63
F5.1 B	0,54
F5.1 B(D)	0,54
F6.1 B	0,62
F7.1 B	0,48
F8.1 B	0,54
F9.1 B	1,13
F10.1 B	0,47
F11.1 B	0,48
F12.1 B	0,50
F13.1 B	0,70
F13.1 B(D)	4,03
F13.1 B(D)	0,70
Muro Exterior Ejemplo Valencia B	0,79
Muro Exterior Mejor Ejemplo Valencia B	0,38
Muro Exterior Ejemplo Madrid B	0,63
Muro Exterior Ejemplo Mejor Madrid B	0,37
ME EIMPL0 1(D)	0,43

F5.1 B(D)
 U = 0,54 W/m2K
 Peso = 219 kg/m2

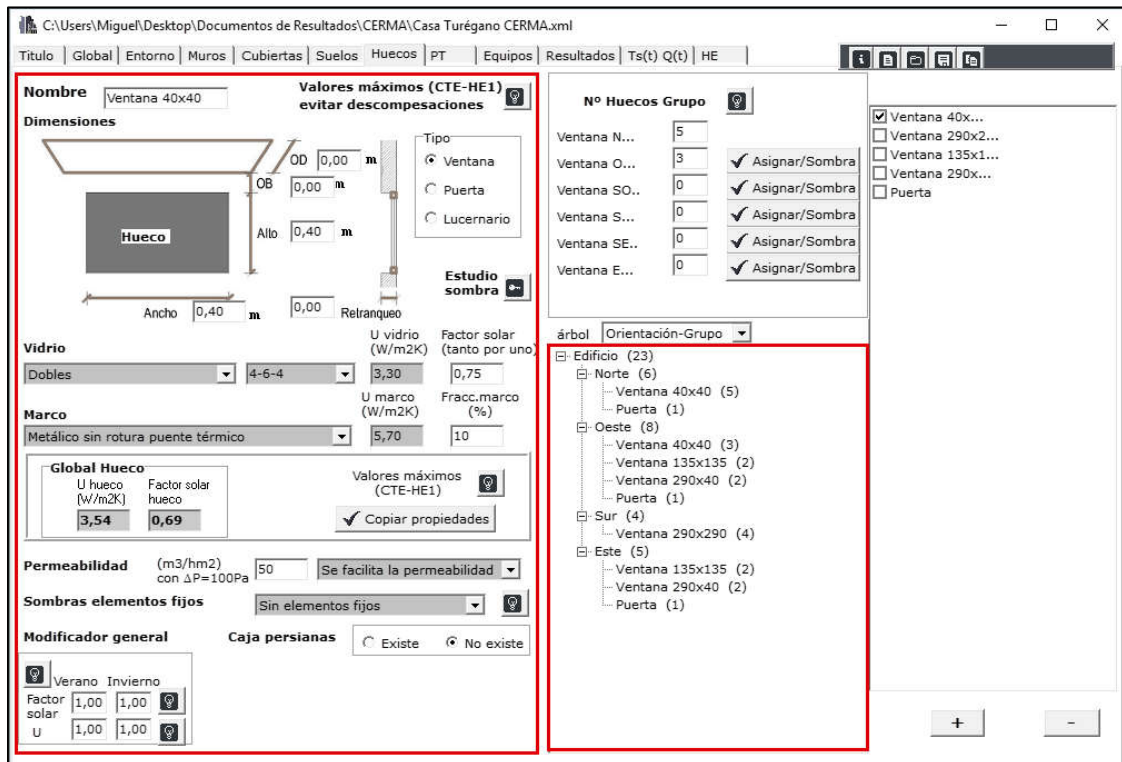
he= 25,00 W/m2K
 Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000 (0,015 m)
 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm (0,115 m)
 Cámara de aire ligeramente ventilada (0,100 m)
 XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0,034 W/(mK)] (0,040 m)
 Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] (0,070 m)
 Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 (0,015 m)
 hi= 7,69 W/m2K

Cerramiento asignado en el edificio: F5.1 B(D)
 U = 0,54 W/m2K
 Peso = 219 kg/m2

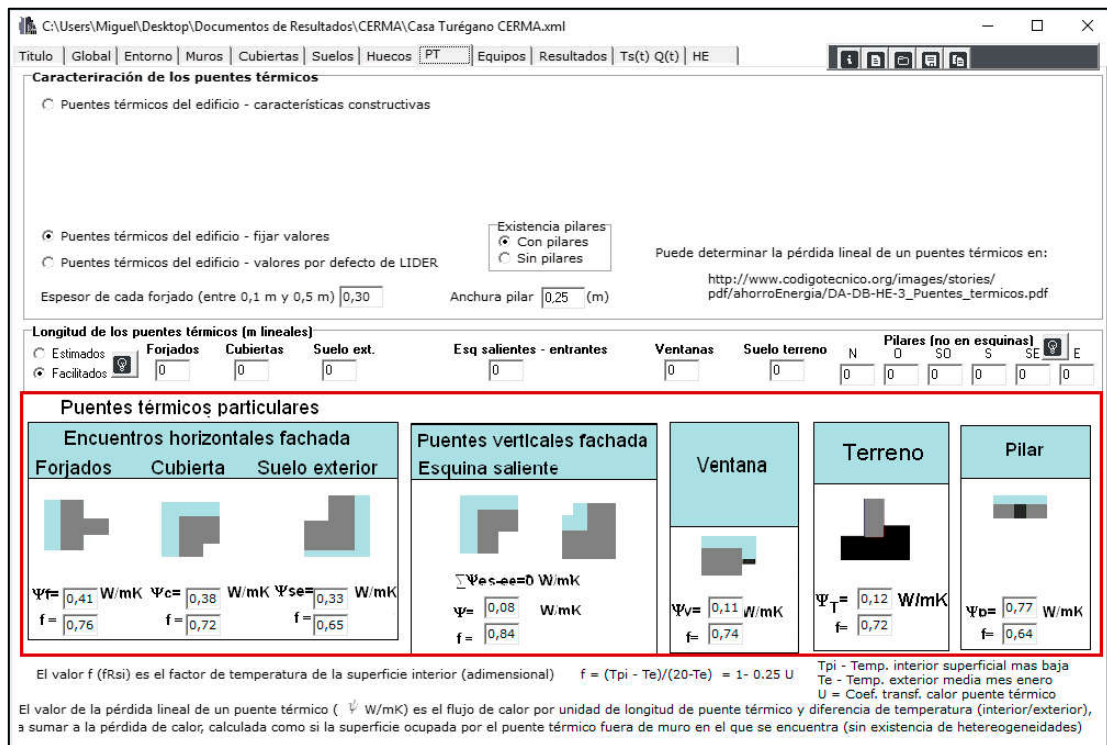
he= 25,00 W/m2K
 Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000 (0,015 m)
 1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm (0,115 m)
 Cámara de aire ligeramente ventilada (0,100 m)
 XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0,034 W/(mK)] (0,040 m)
 Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] (0,070 m)
 Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 (0,015 m)
 hi= 7,69 W/m2K

(Para crear un muro se debe elegir un determinado subtipo)

Completando la definición de los elementos constructivos, se conforman los **huecos de ventana**, especificando sus dimensiones, su materialidad (y en consecuencia su **transmitancia**) y finalmente su orientación, básica a la hora de calcular las demandas energéticas.



Adicionalmente, se especifican los **puentes térmicos**. En este caso, se han escogido los valores por defecto de HULC, apoyados en parte por los datos previamente obtenidos en las aplicaciones anteriores.



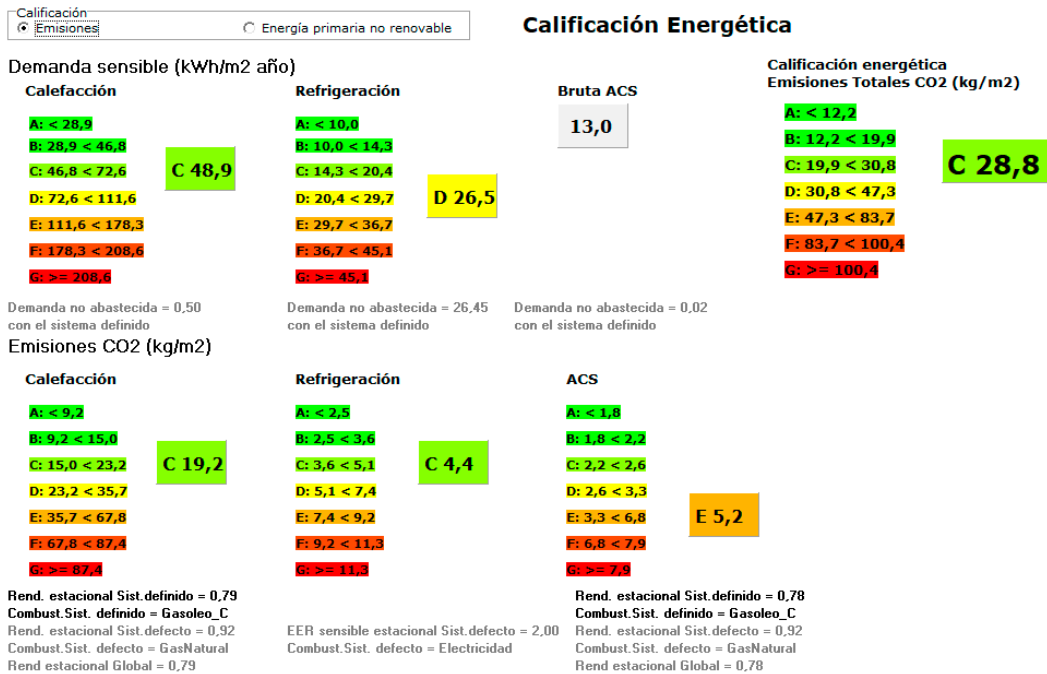
Para finalizar la definición del edificio, se escogen **los sistemas de climatización y ACS** correspondientes. En este caso, se escoge una caldera de Gas Natural, con una potencia calorífica de 20kw y un rendimiento del 80%.

The screenshot displays the CERMA software interface for configuring building systems. The main window is titled 'C:\Users\Miguel\Desktop\Documentos de Resultados\CERMA\Casa Turégano CERMA.xml'. The 'Equipos' tab is selected, showing the configuration for a heating system. The 'Instalación térmica de energía solar para ACS' section is highlighted with a red box, showing 'Aporte solar mínimo según CTE' set to 50% and 'aporte solar de la instalación' set to 0%. The 'Generales' section shows 'Suelo habitable' as 260,00 m². The 'Servicio' section is set to 'ACS+Calef'. The 'Equipos Mixto de ACS + Calefacción' section is also highlighted with a red box, showing 'Nº equipos' as 1, 'Multizona por agua (radiadores)' selected, and 'Tipo de caldera' set to 'Caldera convencional'. The 'Tipo combustible' is set to 'Gasoleo_C'. The 'Temperatura impulsión' is set to 50°C for ACS and 80°C for Calef. The 'Sistemas' panel on the right shows the selected system: 'ACS+Calef 260,00/260,00/--' with '1 Cal.conven. 20,0 kW Gasoleo_C 80,00%'. The 'Otras instalaciones' section at the bottom shows 'Recuperador aire ventilación' and 'Instalación fotovoltaica' both set to 'No existe'.

3.6.1.3 Evaluación de resultados

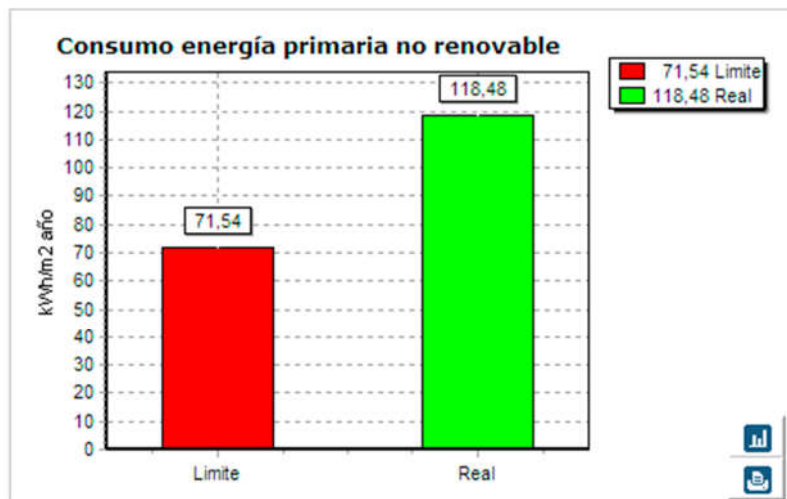
Certificación Eficiencia Energética

En este caso, la aplicación no permite generar el informe más allá del formato xml. Al contrario que en la otra herramienta de cálculo simplificado, la certificación energética es más positiva.



Justificación HE0 y HE1

Como era de esperar, la justificación energética de las exigencias indica que el edificio no cumple con la HE0 ni con la HE1.



Consumo límite máximo energía primaria no renovable (kWh/m2 año): 71,5

Consumo real energía primaria no renovable (kWh/m2 año): 118,5

Demanda límite calefacción (kWh/m² año): 34,7

Demanda real calefacción (kWh/m² año): 48,9



Demanda límite refrigeración (kWh/m² año): 15,0

Demanda real refrigeración (kWh/m² año): 26,5



No Cumple Demanda energética edificio

3.6.2.4 Valoración de la aplicación

Coste	Interfaz	Tiempo de elaboración	Precisión de datos exigidos	Compatibilidad BIM
Gratuito	Normal. Intuitiva y organizada. Pero con margen de mejora, sobre todo en la definición de los diferentes elementos constructivos.	Corto. La simplificación del proceso y de los cálculos, permite obtener resultados con bastante rapidez.	Media. Al tratarse de un método simplificado, la información exigida es menos específica, y en detrimento, el cálculo es menos preciso.	Nula. El método simplificado solo trabaja con datos, no con modelo. Sin embargo, se pueden extraer datos del modelo ya realizado con facilidad.
Verificación HEDYHEI	Calificación y Certificación energética	Complementos	Dificultad	Soporte
Normal. Resultados mucho más simplificados. No genera informe justificativo.	Muy Buena. Generación del certificado de eficiencia energética en pdf y XML, listo para firmar y ser presentado en las instituciones pertinentes	Media. La aplicación permite obtener datos relativos a todas las partes del DB de ahorro de energía, desde el HED al HE5	Fácil. La simplificación del método convierte la aplicación en una herramienta muy fácil de usar.	Media. Se ofrecen cursos de formación, y existen manuales, pero no hay una vía de comunicación directa.

Puntuaciones



3.6.2.5 Aspectos de Mejora

Los aspectos a mejorar que demanda la aplicación son principalmente 2. En primer lugar, una **interfaz** un poco más trabajada. A pesar de ser funcional y entendible, la importación de los diferentes elementos constructivos se podría mejorar, permitiendo una configuración más libre de los mismos.

Por otra parte, la generación de los resultados ha de mejorarse. Los resultados generados son muy completos, pero la herramienta no es capaz todavía de generar documentos automáticamente para tener la justificación y la certificación de manera directa. Únicamente ofrece la posibilidad de generar el archivo XML, directo para presentar en la administración. La posibilidad de tener documentos pdf más explicativos, dotaría de un plus a la aplicación, que probablemente reforzaría su liderazgo a la hora de utilizar una herramienta de método simplificado.

4

CONCLUSIONES

Sobre el estudio realizado

4.1 Valoraciones globales

En primer lugar, es importante señalar que todas las herramientas explicadas con anterioridad han sido desarrolladas aplicando los conocimientos técnicos disponibles, y concebidas como una **ayuda** a la labor del técnico, sin que en ningún caso sustituya la **labor profesional** la **persona** legalmente **competente** al respecto. Es por ello, que el agente encargado deberá comprobar y confrontar los datos obtenidos conforme su **criterio** y decidir sobre su empleo o admisión.

En cuanto a los programas analizados, esta sección dividirá su estudio entre el primer software utilizado, **Insight**, y el resto. Ya que, a pesar de tratar los mismos conceptos, lo hacen de maneras completamente diferentes.

El software generado por Autodesk permite realizar estudios en las **primeras fases del proyecto** que ayudan en la toma de **decisiones** de diseño bioclimático en vistas a mejorar la **calidad y eficiencia** energética del edificio. Sin embargo, ninguna de ellas ofrece la posibilidad de realizar una certificación energética directa del proyecto en consonancia con la **legislación española**.

Las alternativas para verificar y certificar con estos programas consistirían en hacer una **justificación de manera más manual** recopilando los datos que obtenemos de las aplicaciones y verificando una por una las exigencias que el reglamento en cuestión demande. Por tanto, cabría señalar que dichas herramientas están más vinculadas a la fase de **diseño** que a la fase de **ejecución**.

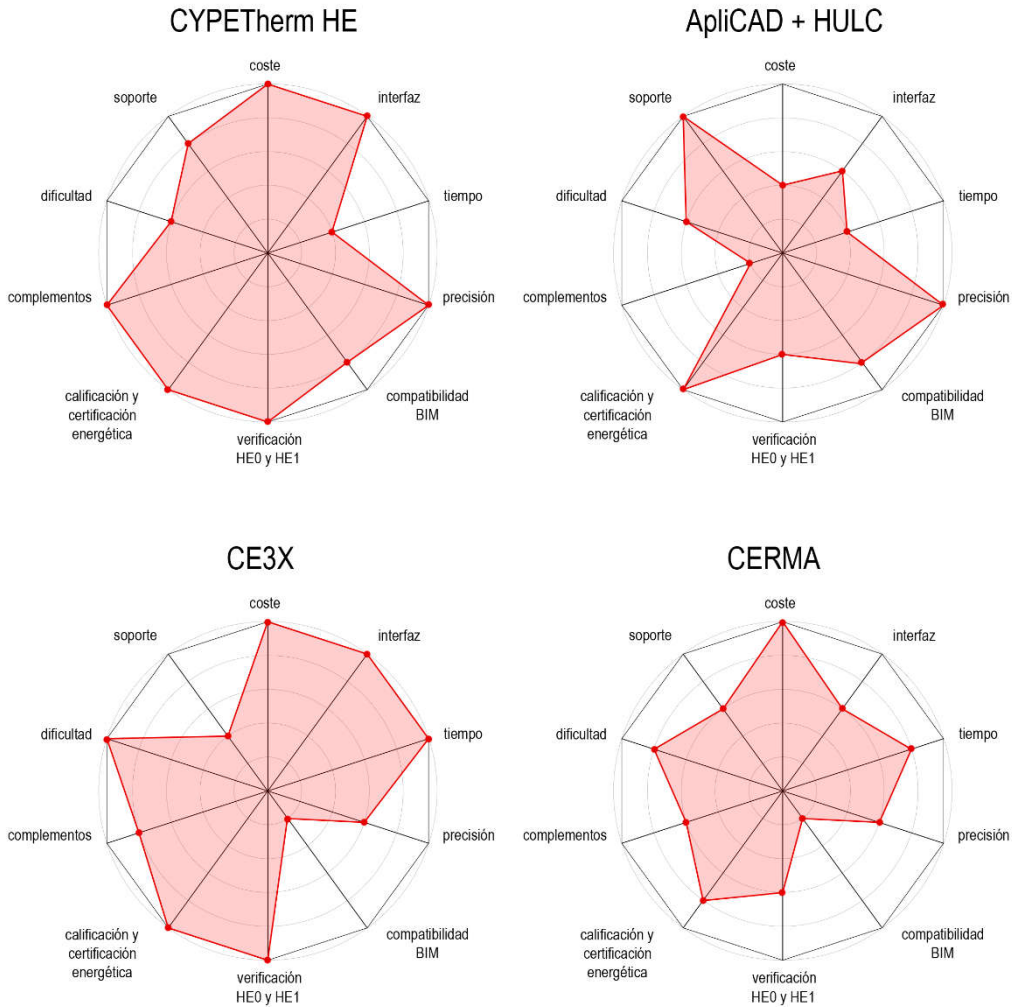
Por otro lado, la aceptación por parte del **MITEC** de softwares complementarios para la certificación y el análisis energético facilita en gran medida la **automatización e integración** de estos procedimientos en la profesión del arquitecto. Además, ofrece diferentes modos de resolver los mismos objetivos, permitiendo a los profesionales escoger aquel más favorable para ellos.

La precariedad de la herramienta unificada es solventada, en cierto grado, con la inclusión de las nuevas aplicaciones reconocidas. Estas herramientas permiten obtener unos **resultados similares** (con mayor o menor **precisión** dependiendo del programa) con distintos modos de proceder.

No es lo mismo modelar un edificio en un programa que trabaja con BIM como Revit, a modelarlo en el propio HULC, o realizar una simulación partiendo únicamente de datos, sin concebir el modelo arquitectónico del edificio. Evidentemente, cuanto mayor sea la cantidad de información presentada, más completos y precisos serán los resultados generados.

4.2 Evaluación de las herramientas

4.2.1 Calificaciones de las herramientas



Programas	Coste	Interfaz	Tiempo de elaboración	Precisión de datos exigidos	Compatibilidad BIM	Verificación HED Y HEI	Certificación y Calificación Energ.	Complementos	Dificultad	Soporte
CYPTherm HE	Gratuito	Muy Buena	Largo	Alta	Bastante Buena	Muy Buena	Muy Buena	Gran Variedad	Media	Buena
AplicAD + HULC	495€ año / 49€ mes	Normal	Largo	Alta	Bastante Buena	Normal	Muy Buena	Ninguno	Media	Muy Buena
CE3X	Gratuito	Muy Buena	Muy Corto	Media	Nula	Muy Buena	Muy Buena	Variedad	Facil	Malo
CERMA	Gratuito	Normal	Corto	Media	Nula	Normal	Buena	Medio	Facil	Media

Puntuaciones



4.2.2 Comparativa de las herramientas

Tras haber tratado las diferentes aplicaciones, todas ellas siguen una estructura similar.

- > Definición de datos administrativos para la generación del informe.
- > Información relativa a la localización geográfica del proyecto.
- > Dimensionamiento de las estancias del edificio.
- > Definición de materiales de elementos constructivos.
- > Definición de sistemas de climatización y ACS
- > Cálculo de resultados.
- > Generación de informes

La gran diferencia entre los distintos programas en la complejidad y precisión de los datos que exigen a la hora de conformar el edificio, además de los motores de cálculo. Sin embargo, la esencia y el método de trabajo no cambia.

Siguiendo el criterio establecido al comienzo de la comparativa, los diferentes programas han obtenido una calificación media de:

- > **CYPETHERM HE** – 4,3 / 5
- > **HULC + ApliCAD CTE** – 3,2 / 5
- > **CE3X** – 3,9 / 5
- > **CERMA** – 3,4 / 5

Todos los programas terminan obteniendo una nota mínima de aprobado alto, destacando CYPETHERM HE y CE3X, a continuación, se dará una valoración global de los programas a modo comparativo.

Haciendo una comparativa de los diferentes programas, obtenemos las siguientes conclusiones.

- La herramienta de referencia **HULC** sigue siendo el método general de verificación y certificación energética válido tanto para residencial como para terciario. Su uso y distribución generalizada, hacen que, por conocimiento, sea la aplicación más utilizada para los objetivos que tenía el trabajo, verificación y certificación.

- **CYPETHERM HE** es una herramienta en el diseño previo de los edificios (residencial o terciario) desde el punto de vista de su demanda térmica, además de generar los informes de certificación y verificación. La información que genera es más completa que el resto de los programas.

- **CE3X** y **CERMA** Su grado de tolerancia implica una calificación inferior a la obtenida por el método general. Sin embargo, su sencillez y rapidez no es comparable a la del resto de programas.

En caso de tener que optar por una de ellas, sin duda **CYPETHERM HE** es la aplicación más completa en este momento. A pesar de exigir una preparación más laboriosa del modelo, la cantidad de información que maneja y los resultados que genera son **excelentes**, tanto para la certificación, como la verificación. Además, cumple con los objetivos que plantea este trabajo, la integración del sistema BIM con instrumentos para el análisis y certificación energética de los edificios.

Por otro lado, en caso de querer hacer una certificación rápida de manera más simplificada, **CE3X** es el programa óptimo. CERMA es también un gran programa, pero a la hora de manejar los datos y configurar la vivienda, el uso del programa es más sencillo. Aunque, en este caso, es cuestión de gustos y cada certificador usará el programa que le sea más cómodo en cada caso.

Cabe señalar que la rapidez y la facilidad a la hora de hacer la certificación es su gran fortaleza. Sin embargo, también es una de sus debilidades, ya que va a producir cierta **imprecisión** en sus resultados, aunque siempre con resultados más bajos, en vistas a prevenir una sobrevaloración del edificio.

Teniendo en cuenta que futura obligatoriedad de la presentación de los proyectos en formatos **BIM** en los próximos años, los programas más compatibles con esta metodología sumarán cada vez más adeptos. Es por ello que, desde mi punto de vista, **CYPETHERM HE** se convertirá en una herramienta de uso generalizado en los próximos años, debido a su gratuidad, baja dificultad y precisión en los resultados.

A pesar de ser **ApliCAD CTE** una herramienta bastante bien desarrollada, el lastre que sigue suponiendo la **Herramienta Unificada**, provocará una pérdida de uso y popularidad de la misma, a no ser que se produzcan grandes cambios y mejorar en esta última.

Las aplicaciones más desarrolladas (véase Insight o CYPETHERM) tienden a ofrecer sus servicios y resultados en la nube, permitiendo un acceso más sencillo y directo a la información. Esta funcionalidad hace que la misma pueda ser consultada por los distintos agentes desde diferentes dispositivos, **unificando el contenido y reduciendo tiempos**. Estas dos ventajas van en consonancia con los ideales del sistema BIM, optimizar al máximo el proceso productivo. Por ello, los esfuerzos de las aplicaciones deberían orientarse a ofrecer un **servicio rápido, accesible y sencillo** en materia de eficiencia energética.

4.3 Conclusiones finales

Tras la visión general aportada sobre las herramientas, en este apartado presentará una serie de conclusiones más relacionadas con BIM en varios años vista.

BIM es una herramienta con un gran potencial, sin embargo, todavía falta mucho camino por recorrer para llegar a ser un **método generalizado y comúnmente aceptado** por todos los profesionales en nuestro país. La construcción en España destaca por su **tradicionalidad** en su modo de trabajo, a diferencia de otras partes de Europa, donde la prefabricación gana cada vez más terreno debido al alto coste de la mano de obra. Este aspecto, junto con la **multidisciplinaridad** del arquitecto en nuestro país, no favorecen al desarrollo de esta metodología.

Los esfuerzos de las administraciones van dando sus frutos, pero como todo proceso de **adaptación**, se prevé paulatino y costoso. Las normativas emitidas por las instituciones, establecen la **obligatoriedad** del uso de este sistema a partir de 2020, es por ello que el perfil profesional de experto en **BIM** es un puesto muy demandado en la actualidad.

Sin embargo, Los esfuerzos de adaptación no se pueden centrar únicamente en el estado y los agentes implicados en la construcción. Como hemos visto en el caso del software Insight, muchos de los programas utilizados están diseñados y configurados siguiendo premisas de países Sajones. Es por ello que las empresas de software deben **adaptar** sus complementos y programas al marco geográfico donde se utilizan, en vistas (en este momento) de facilitar la integración mencionada con anterioridad.

En cuanto al sistema en sí, cabe destacar una idea principal BIM es una metodología de trabajo colaborativa: “**sin entorno de colaboración no existe BIM**” Se deben definir los flujos de información y coordinación que hacen posible la colaboración dentro del proyecto. El empleo de una metodología colaborativa implica definir y designar las **responsabilidades** y los **responsables** de gestión de la información, estableciendo la nomenclatura y la estructura de la información. La estandarización de la información constituye un elemento clave para establecer un entorno de colaboración eficiente. Para ello, hacen falta profesionales formados en la gestión de los protocolos (**BIM managers**), en vistas a organizar el modo de trabajar para optimizar al máximo los procesos constructivos.

5

ANEXOS

Resultados de las certificaciones energéticas

6

BIBLIOGRAFÍA y Webgrafía

Bibliografía

- > **EASTMAN, Chuck / TEICHOLZ, Paul / SACKS, Rafael / LISTON, Kathleen** *BIM Handbook – A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*
Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey 2011
- > **EYNON, John** *Construction Manager's BIM Handbook*
Ed. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, United Kingdom 2016
- > **ES.BIM** *Documento de difusión BIM*
Ed. Julio 201
- > **HOWELL, Ian / BATCHELER, Bob** *Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations*

- > **DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018**
por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética
- > **DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012**
relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE
- > **Real Decreto 235/2013, de 5 de abril,**
por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. «BOE» núm. 89, de 13 de abril de 2013
Referencia: BOE-A-2013-3904
- > **Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Ahorro de Energía (HE)**

Webgrafía

- > **The B1m** - www.theb1m.com
Recuperado el 12 noviembre 2018
- > **Espacio Bim** – www.espaciobim.com
Recuperado el 20 mayo 2019
- > **EsBIM** - <https://www.esbim.es/>
Recuperado el 6 enero 2019
- > **BSI Group** - www.bsigroup.com/es-ES/BIM/bim-diseno-construccion/iso-19650/
Recuperado el 20 abril 2019
- > **Biblus** - <http://biblus.accasoftware.com/es/el-flujo-de-informacion-en-el-bim-las-normas-bs-1192-y-pas-1192-2-parte-1/>
Recuperado el 20 abril 2019
- > **ArchDaily** - www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim
Recuperado el 10 marzo 2019
- > **Autodesk** - www.autodesk.es/products/revit
Recuperado el 10 diciembre 2018
- > **Graphisoft** – www.graphisoft.com/archicad
Recuperado el 10 diciembre 2018
- > **AllPlan** - www.allplan.com/es
Recuperado el 10 diciembre 2018
- > **Bentley** – www.bentley.com
Recuperado el 10 diciembre 2018
- > **Alberto Campo Baeza** - <https://www.campobaeza.com/es/>
Recuperado el 10 diciembre 2018

Calificación energética del edificio

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

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN	ACS		
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	E	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]	B
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	35.84		2.15	
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]		
	3.92	-		

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

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	3.92	804.12
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	37.99	7798.75

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN	ACS		
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]	C
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	169.25		10.13	
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]		
	23.12	-		

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

¹ El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

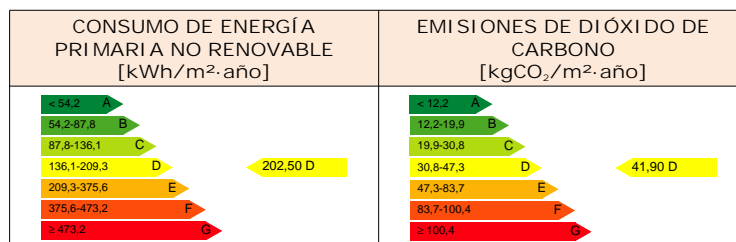
Nombre del edificio	Casa Turégano		
Dirección	C/ Constantino Rodríguez, 17		
Municipio	Pozuelo de Alarcón	Código Postal	28224
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1988
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	1681619VK3718S0001TT		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual 	<input type="checkbox"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre	Miguel Rueda Garcia	NIF/NIE	71183227K
Razón social	TFG - UVA	NIF	Q4718001C
Domicilio	Avda. Salamanca s/n		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47014
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail	ruedagarciamiguel@gmail.com	Teléfono	689458154
Titulación habilitante según normativa vigente	Grado en Fundamentos de la Arquitectura		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CYPETHERM HE Plus. 2019.g		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



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

Fecha: 08/06/2019

Firma del técnico certificador:

- Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II. Calificación energética del edificio.
- Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

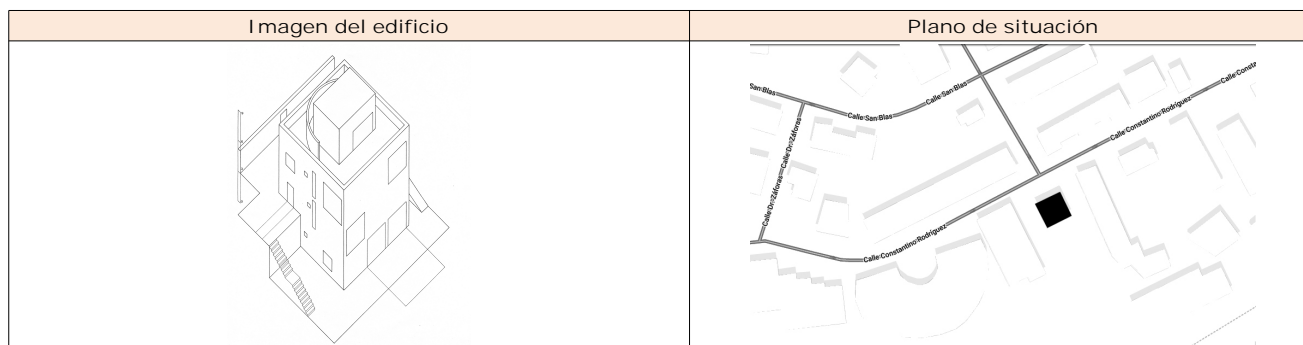
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

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

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	205.31
--	--------



2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Basic Wall: Muro Campo Baeza 40cm	Fachada	56.22	0.34	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 40cm	Fachada	54.55	0.34	Usuario
Muro de Hormigón	ParticionInteriorVertical	30.80	0.23	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 40cm	Fachada	56.33	0.34	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 26cm	Fachada	21.48	0.37	Usuario
Forjado de Solado	Suelo	24.29	0.36	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 40cm	Fachada	59.13	0.34	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 26cm	Fachada	24.31	0.37	Usuario
Forjado de Solado	Suelo	0.12	0.30	Usuario
Basic Roof: Plana invertida transitable: 172912	Cubierta	80.04	0.41	Usuario
Basic Roof: Plana invertida transitable: 172912	Cubierta	1.01	0.41	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 26cm	Fachada	14.75	0.37	Usuario
Basic Wall: Muro Campo Baeza 26cm	Fachada	1.40	0.37	Usuario
Basic Roof: Plana invertida transitable: 173958	Cubierta	18.72	0.41	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
135 x 135 cm	Hueco	3.65	3.00	0.70	Usuario	Usuario
40 x 40 cm	Hueco	0.48	3.00	0.70	Usuario	Usuario
290 x 290 cm	Hueco	33.64	3.00	0.70	Usuario	Usuario
290 x 40 cm	Hueco	2.22	3.00	0.70	Usuario	Usuario
70 x 210 cm Aluminio	Hueco	1.47	4.00	0	Usuario	Usuario
40 x 40 cm	Hueco	0.80	3.00	0.70	Usuario	Usuario
100 x 210 cm Aluminio	Hueco	2.10	4.00	0	Usuario	Usuario
290 x 40 cm	Hueco	2.32	3.00	0.70	Usuario	Usuario

135 x 135 cm	Hueco	3.65	3.00	0.70	Usuario	Usuario
40 x 40 cm	Hueco	0.32	3.00	0.70	Usuario	Usuario
90 x 210 cm Aluminio	Hueco	1.89	4.00	0	Usuario	Usuario
80 x 210 cm Aluminio	Hueco	1.68	4.00	0	Usuario	Usuario
200 x 325 cm	Hueco	0.10	3.00	0.70	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Caldera Campo Baeza	Caldera	0.60	88.69	GasNatural	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	88.69	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		0.60			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	200.00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0			

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60°C (litros/día)	140.00
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Climatización Campo Baeza	Caldera convencional	0.60	80.00	GasNatural	Usuario
TOTALES		0.60			

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

6. ENERGÍAS

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Solar térmica	0	0	44.44	50.00
TOTALES	0	0	44.44	50.00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]
Panel fotovoltaico	0
TOTAL	0

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

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

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	E	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]	B
	35.84		2.15	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]	-
	3.92		-	

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

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	3.92	804.12
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	37.99	7798.75

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]	C
	169.25		10.13	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]	-
	23.12		-	

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

¹ El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III
RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

No se han definido medidas de mejora de la eficiencia energética

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

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

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0:
Limitación del consumo energético

1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	3
1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.....	3
1.2.- Resultados mensuales.....	3
1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.....	3
1.2.2.- Resultados por zona habitable y mes.....	4
2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	4
2.1.- Zonificación climática.....	4
2.2.- Demanda energética del edificio.....	4
2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.....	5
2.2.2.- Demanda energética de ACS.....	5
2.3.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.....	5
2.4.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.....	6

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,Edificio} = 202.50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 74.61 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $C_{ep,Edificio}$: Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/m²·año.
- $C_{ep,lim}$: Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m²·año.
- $C_{ep,base}$: Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 60.00 kWh/m²·año.
- $F_{ep,sup}$: Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 3000.
- S_u : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 205.31 m².

1.2.- Resultados mensuales.

1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO (S _u = 205.31 m ² ; V = 1425.00 m ³)															
Demanda energética	Calefacción	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	--	--	--	--	670.0	3640.0	5840.0	25896.9	126.1
	Refrigeración	--	--	--	--	--	637.0	1641.6	1772.4	846.3	--	--	--	4897.4	23.9
	ACS	263.1	237.7	253.1	234.6	232.3	210.2	202.1	207.1	210.2	238.0	244.9	263.1	2796.5	13.6
	TOTAL	6163.7	4287.9	3431.2	1968.9	1116.0	847.3	1843.7	1979.6	1056.5	908.0	3884.9	6103.2	33590.8	163.6
Gas natural (f _{cep} = 1.190)	EF _{cal}	613.8	554.4	603.0	468.0	316.9	--	--	--	--	231.8	594.0	613.8	3995.6	19.5
	EP _{cal}	733.5	662.5	720.6	559.2	378.7	--	--	--	--	277.0	709.8	733.5	4774.8	23.3
	EP _{ref,cal}	730.4	659.7	717.6	556.9	377.1	--	--	--	--	275.8	706.9	730.4	4754.8	23.2
	EF _{ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref,ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{acs}	164.5	148.5	158.2	146.6	145.2	131.4	126.3	129.5	131.4	148.7	153.1	164.5	1747.8	8.5
Gas natural (Sistema de sustitución) (f _{cep} = 1.190)	EP _{acs}	196.5	177.5	189.0	175.2	173.5	157.0	150.9	154.7	157.0	177.7	182.9	196.5	2088.6	10.2
	EP _{ref,acs}	195.7	176.8	188.2	174.5	172.8	156.3	150.3	154.1	156.3	177.0	182.1	195.7	2079.9	10.1
	EF _{cal}	5894.8	3956.7	3041.9	1598.6	791.5	--	--	--	--	577.4	3516.6	5826.4	25204.0	122.8
	EP _{cal}	7044.2	4728.2	3635.1	1910.4	945.9	--	--	--	--	690.0	4202.4	6962.5	30118.7	146.7
	EP _{ref,cal}	7014.8	4708.4	3619.9	1902.4	941.9	--	--	--	--	687.1	4184.8	6933.4	29992.8	146.1
	EF _{ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricidad (Sistema de sustitución) (f _{cep} = 1.954)	EP _{ref,ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EF _{acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref,acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EF _{cal}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{cal}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref,cal}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricidad (Sistema de sustitución) (f _{cep} = 1.954)	EP _{ref}	--	--	--	--	--	315.9	814.4	879.3	419.7	--	--	--	2429.4	11.8
	EP _{ref,ref}	--	--	--	--	--	748.1	1928.6	2082.1	993.9	--	--	--	5752.7	28.0
	EP _{ref,ref,ref}	--	--	--	--	--	617.3	1591.4	1718.1	820.2	--	--	--	4747.0	23.1
	EF _{acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref,acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref,ref,acs}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricidad autoconsumida (f _{cep} = 1.954)	EF	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	EP _{ref}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C _{ef,tot}	6673.0	4659.6	3803.1	2213.2	1253.6	447.3	940.7	1008.7	551.1	957.9	4263.7	6604.7	33376.8	162.6	
C _{ep}	7974.3	5568.2	4544.7	2644.8	1498.1	905.2	2079.5	2236.8	1150.9	1144.7	5095.1	7892.6	42734.9	208.2	
C _{ep,rr}	7940.9	5545.0	4525.7	2633.7	1491.8	773.7	1741.7	1872.1	976.5	1139.9	5073.8	7859.6	41574.6	202.5	

donde:

- S_u: Superficie habitable del edificio, m².
- V: Volumen neto habitable del edificio, m³.
- f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.
- EP: Consumo energético de energía primaria, kWh.
- EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.
- C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²·año.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

C_{ep} : Consumo energético total de energía primaria, kWh/m²·año.

$C_{ep, nr}$: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²·año.

1.2.2.- Resultados por zona habitable y mes

Vivienda ($S_u = 205.31 \text{ m}^2$; $V = 1425.00 \text{ m}^3$)

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)
Demanda energética	Calefacción	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	--	--	--	--	670.0	3640.0	5840.0	25896.9	126.1
	Refrigeración	--	--	--	--	--	637.0	1641.6	1772.4	846.3	--	--	--	4897.4	23.9
	ACS	263.1	237.7	253.1	234.6	232.3	210.2	202.1	207.1	210.2	238.0	244.9	263.1	2796.5	13.6
	TOTAL	6163.7	4287.9	3431.2	1968.9	1116.0	847.3	1843.7	1979.6	1056.5	908.0	3884.9	6103.2	33590.8	163.6

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
Tiempo con demanda no satisfecha	Calefacción	744.00	672.00	724.50	539.25	358.50	--	--	--	--	230.25	720.00	744.00	4732.50	
	Refrigeración	--	--	--	--	--	138.25	277.00	308.50	187.00	--	--	--	910.75	

*Tiempo durante el cual el sistema de climatización no ha podido mantener la temperatura de consigna de la zona, considerando una tolerancia de 0,2°C. La demanda energética no satisfecha por el sistema de climatización definido es cubierta por el sistema de sustitución.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)
Energía útil aportada	ACS _{sol}	131.6	118.8	126.5	117.3	116.2	105.1	101.1	103.6	105.1	119.0	122.5	131.6	1398.2	6.8
	ACS _{sis}	131.6	118.8	126.5	117.3	116.2	105.1	101.1	103.6	105.1	119.0	122.5	131.6	1398.2	6.8

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

V : Volumen neto de la zona habitable, m³.

ACS_{sol}: Energía solar útil aportada, kWh.

ACS_{sis}: Energía útil aportada por el sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Pozuelo de Alarcón (provincia de Madrid), con una altura sobre el nivel del mar de 690.000 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática D3.

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitudes exteriores para el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración conforme a la exigencia básica CTE HE 1, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (archivo MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

2.2.- Demanda energética del edificio.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria no renovable, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación de consumo energético HE 0 para edificios de uso residencial o asimilable, corresponde a la suma de la energía demandada por los servicios de calefacción, refrigeración y ACS del edificio.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio, calculada hora a hora y de forma separada para cada una de las zonas acondicionadas que componen el modelo térmico del edificio, se obtiene mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas realizada con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus™ version 9.0, cumpliendo con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, con el objetivo de determinar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de demanda energética de CTE DB HE 1.

Se muestran aquí, a modo de resumen, los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u	D_{cal}		D_{ref}	
	(m ²)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)
Vivienda	205.31	25896.9	126.1	4897.4	23.9
	205.31	25896.9	126.1	4897.4	23.9

donde:

- S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².
- D_{cal} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh·año.
- D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.

2.2.2.- Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4 de CTE DB HE 4 y el documento de 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER', que remiten a la norma UNE 94002 para el cálculo de la demanda de energía térmica diaria de ACS en función del consumo de ACS diario por zona.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia definida en la zona, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Temperatura del agua de red	7.8	7.8	9.8	11.9	13.9	16.9	19.9	18.9	16.9	12.8	9.8	7.8

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias, el porcentaje de la demanda cubierto por energía renovable, y el restante a satisfacer mediante energías no renovables.

Zonas habitables	Q_{ACS}	T_{ref}	S_u	D_{ACS}		$\%_{AS}$	$D_{ACS,sys}$	
	(l/día)	(°C)	(m ²)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)	(%)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)
Vivienda	140.0	60.0	205.31	2796.5	13.6	50.0	1398.2	6.8
	140.0		205.31	2796.5	13.6		1398.2	6.8

donde:

- Q_{ACS} : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.
- T_{ref} : Temperatura de referencia, °C.
- S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².
- D_{ACS} : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh/m²·año.
- $\%_{AS}$: Porcentaje cubierto por energía solar de la demanda energética de agua caliente sanitaria, %.
- $D_{ACS,sys}$: Demanda energética de ACS cubierta por el sistema, kWh/m²·año.

2.3.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía primaria procedente de fuentes no renovables, para cada vector energético utilizado en el edificio, se han obtenido del Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) 'Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España', conforme al apartado 4.2 de CTE DB HE0.

Vector energético	$C_{ref,total}$		f_{cep}	$C_{ep,nr}$	
	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)		(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)
Gas natural	30947.4	150.7	1.190	36827.6	179.4

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

Vector energético	$C_{ef,total}$ (kWh-año)	$C_{ef,total}$ (kWh/m ² -año)	f_{cep}	$C_{ep,nr}$ (kWh-año)	$C_{ep,nr}$ (kWh/m ² -año)
Electricidad	2429.4	11.8	1.954	4747.0	23.1

donde:

$C_{ef,total}$: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/m²-año.

f_{cep} : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

$C_{ep,nr}$: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/m²-año.

2.4.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía no renovables. Para ello, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus™ version 9.0, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida, y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por equipo, sistema de aporte y vector energético utilizado.

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 0, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1;
- la demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4;
- el dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS;
- la distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables;
- y la contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1:
Limitación de demanda energética

1.- DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL POR SUPERFICIE ÚTIL.....	3
2.- RESUMEN DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	3
3.- RESULTADOS MENSUALES.....	3
3.1.- Balance energético anual del edificio.....	3
3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.....	5
3.3.- Evolución de la temperatura.....	5
4.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	5
4.1.- Zonificación climática.....	5
4.2.- Agrupaciones de recintos.....	6
4.3.- Perfiles de uso utilizados.....	7
4.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.....	7

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

1.- DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL POR SUPERFICIE ÚTIL.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 126.14 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 36.74 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $D_{\text{cal,edificio}}$: Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/m²·año.
- $D_{\text{cal,lim}}$: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m²·año.
- $D_{\text{cal,base}}$: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27.00 kWh/m²·año.
- $F_{\text{cal,sup}}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.
- S : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 205.31 m².

$$D_{\text{ref,edificio}} = 23.85 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq D_{\text{ref,lim}} = 15.00 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $D_{\text{ref,edificio}}$: Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.
- $D_{\text{ref,lim}}$: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.

2.- RESUMEN DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u (m ²)	D_{cal} (kWh/año)	D_{cal} (kWh/m ² ·año)	$D_{\text{cal,base}}$ (kWh/m ² ·año)	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh/m ² ·año)	D_{ref} (kWh/año)	D_{ref} (kWh/m ² ·año)	$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh/m ² ·año)
Vivienda	205.31	25896.93	126.14	27.00	2000	36.74	4897.36	23.85	15.00
	205.31	25896.93	126.14	27.00	2000	36.74	4897.36	23.85	15.00

donde:

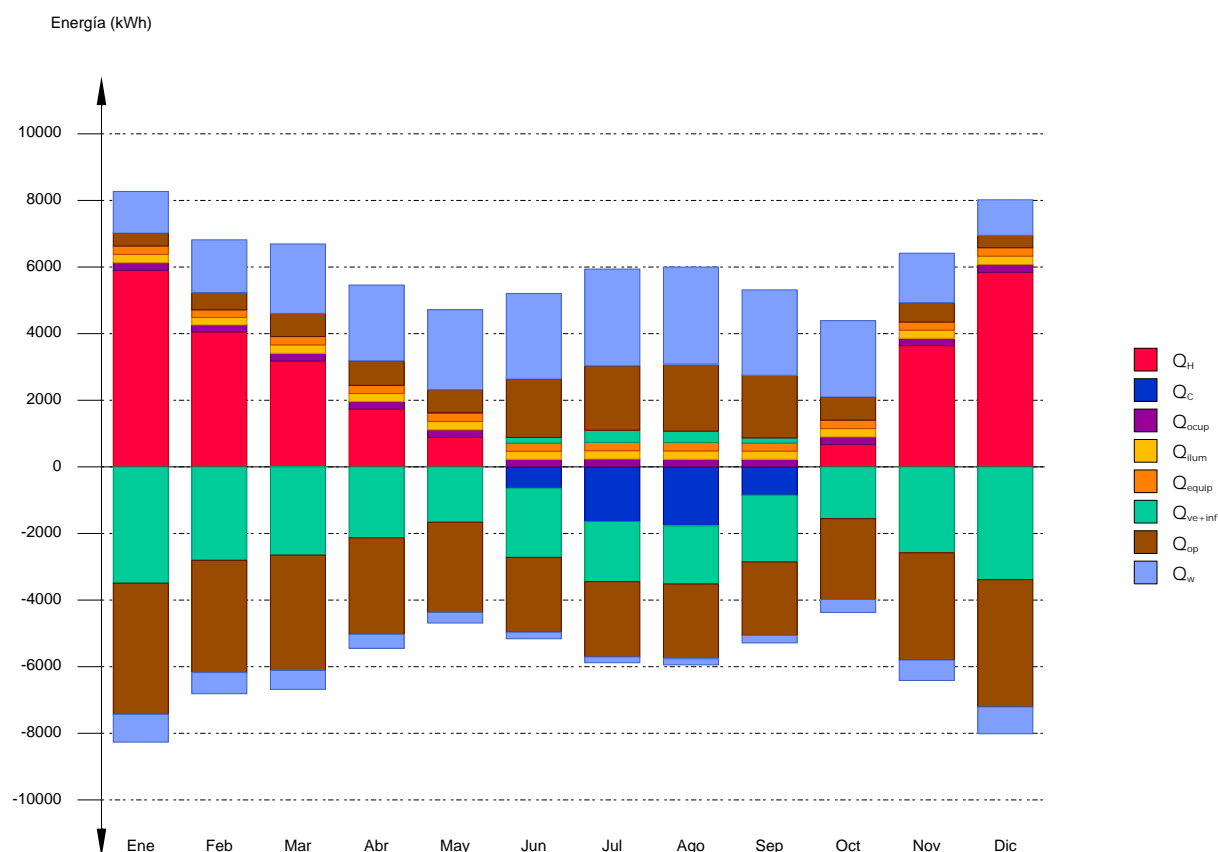
- S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².
- D_{cal} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/m²·año.
- $D_{\text{cal,base}}$: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27.00 kWh/m²·año.
- $F_{\text{cal,sup}}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.
- $D_{\text{cal,lim}}$: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m²·año.
- D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.
- $D_{\text{ref,lim}}$: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.

3.- RESULTADOS MENSUALES.

3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica a través de elementos pesados y ligeros (Q_{op} y Q_{wl} , respectivamente), la energía intercambiada por ventilación e infiltraciones ($Q_{\text{ve+inf}}$), la ganancia de calor interna debida a la ocupación (Q_{ocup}), a la iluminación (Q_{ilum}) y al equipamiento interno (Q_{equip}), así como el aporte necesario de calefacción (Q_{H}) y refrigeración (Q_{C}).

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Balance energético anual del edificio.														
Q_{op}	385.3	521.8	693.6	737.1	690.2	1749.9	1930.9	2013.5	1882.9	691.1	581.5	373.1	-22545.21	-109.81
Q_w	-3937.0	-3372.1	-3465.1	-2895.5	-2708.0	-2245.5	-2255.7	-2245.0	-2206.3	-2427.1	-3219.3	-3819.5	20027.00	97.55
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	11.1	171.4	366.2	342.2	150.4	4.1	--	--	-26856.70	-130.81
Q_{equip}	252.0	227.6	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	2967.52	14.45
Q_{illum}	252.0	227.6	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	252.0	243.9	252.0	243.9	252.0	2967.52	14.45
Q_{ocup}	227.1	208.5	231.5	225.3	227.1	225.3	231.5	227.1	229.7	227.1	220.9	235.9	2716.75	13.23
Q_H	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	--	--	--	--	670.0	3640.0	5840.0	25896.93	126.14
Q_C	--	--	--	--	--	-637.0	-1641.6	-1772.4	-846.3	--	--	--	-4897.36	-23.85
Q_{HC}	5900.6	4050.2	3178.1	1734.3	883.7	637.0	1641.6	1772.4	846.3	670.0	3640.0	5840.0	30794.29	149.99

donde:

Q_{op} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/m²·año.

Q_w : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/m²·año.

Q_{ve+inf} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/m²·año.

Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, kWh/m²·año.

Q_{illum} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, kWh/m²·año.

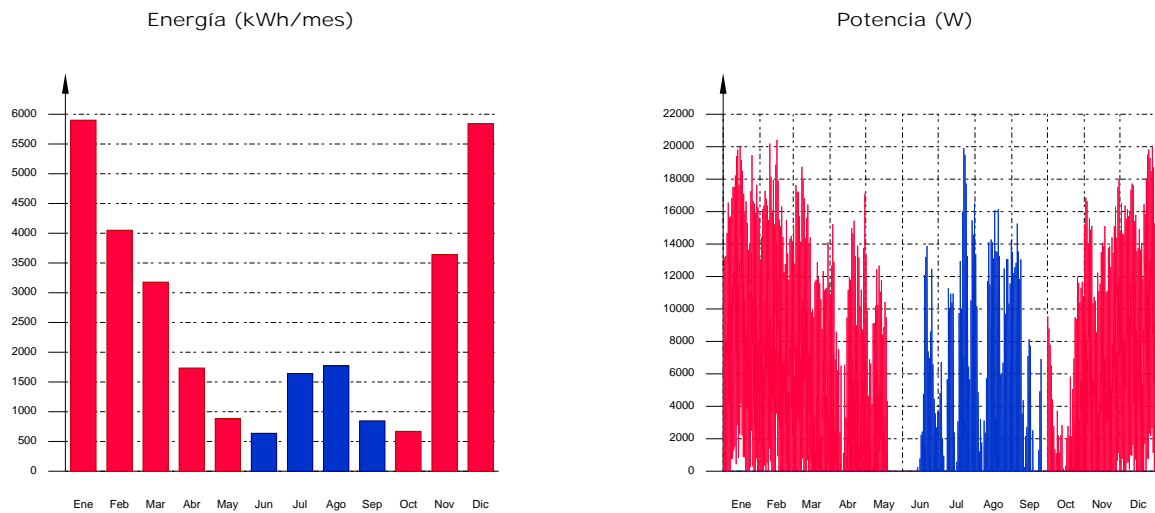
Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, kWh/m²·año.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

- $Q_{H,i}$: Energía aportada de calefacción, kWh/m²·año.
- $Q_{C,i}$: Energía aportada de refrigeración, kWh/m²·año.
- $Q_{H,C,i}$: Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/m²·año.

3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

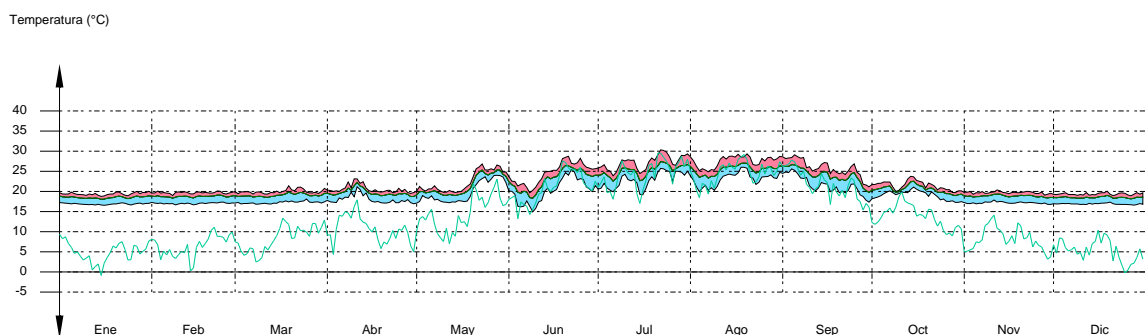
Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura operativa interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo:

Vivienda



4.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

4.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Pozuelo de Alarcón (provincia de Madrid), con una altura sobre el nivel del mar de 690.000 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática D3.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración conforme a la exigencia básica CTE HE 1, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

4.2.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio.

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	Q _{ocup,s} (kWh/año)	Q _{ocup,l} (kWh/año)	Q _{equip,s} (kWh/año)	Q _{equip,l} (kWh/año)	Q _{ilum} (kWh/año)	T ^o calef. media (°C)	T ^o refriger. media (°C)	Perfil de uso
Vivienda (Zona habitable)											
1	13.38	75.00	0.63	177.1	111.8	193.4	--	193.4	19.0	26.0	
2	3.73	75.00	0.63	49.3	31.1	53.9	--	53.9	19.0	26.0	
3	28.49	75.00	0.63	377.0	238.0	411.8	--	411.8	19.0	26.0	
4	3.93	75.00	0.63	51.9	32.8	56.7	--	56.7	19.0	26.0	
5	9.23	75.00	0.63	122.2	77.1	133.5	--	133.5	19.0	26.0	
6	8.99	75.00	0.63	119.0	75.1	130.0	--	130.0	19.0	26.0	
7	1.69	75.00	0.63	22.4	14.1	24.4	--	24.4	19.0	26.0	
8	1.55	75.00	0.63	20.5	12.9	22.4	--	22.4	19.0	26.0	
9	13.38	75.00	0.63	177.1	111.8	193.4	--	193.4	19.0	26.0	
10	8.68	75.00	0.63	114.9	72.5	125.5	--	125.5	19.0	26.0	Residencial
11	4.28	75.00	0.63	56.6	35.7	61.8	--	61.8	19.0	26.0	
12	17.65	75.00	0.63	233.5	147.4	255.0	--	255.0	19.0	26.0	
13	4.32	75.00	0.63	57.2	36.1	62.5	--	62.5	19.0	26.0	
14	8.89	75.00	0.63	117.6	74.3	128.5	--	128.5	19.0	26.0	
15	16.36	75.00	0.63	216.5	136.7	236.5	--	236.5	19.0	26.0	
16	4.28	75.00	0.63	56.6	35.7	61.8	--	61.8	19.0	26.0	
18	9.29	75.00	0.63	122.9	77.6	134.3	--	134.3	19.0	26.0	
19	29.51	75.00	0.63	390.5	246.5	426.6	--	426.6	19.0	26.0	
20	17.68	75.00	0.63	234.0	147.7	255.6	--	255.6	19.0	26.0	
	205.31	1425.00	0.63/1.04*	2716.7	1715.1	2967.5	--	2967.5	19.0	26.0	

donde:

- S: Superficie útil interior del recinto, m².
- V: Volumen interior neto del recinto, m³.
- ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- *: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.
- Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q_{ocup,l}: Sumatorio de la carga interna latente debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q_{equip,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q_{equip,l}: Sumatorio de la carga interna latente debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q_{ilum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- T^o calef. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.
- T^o refriger. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

4.3.- Perfiles de uso utilizados.

		Distribución horaria																								
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h	
Perfil: Residencial (Uso residencial)																										
Temp. Consigna Alta (°C)																										
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27	
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. Consigna Baja (°C)																										
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Ocupación sensible (W/m²)																										
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15	
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Ocupación latente (W/m²)																										
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36	
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Iluminación (W/m²)																										
Laboral, Sábado y Festivo		.44	.44	.44	.44	.44	.44	.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2	
Equipos (W/m²)																										
Laboral, Sábado y Festivo		.44	.44	.44	.44	.44	.44	.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2	
Ventilación verano																										
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ventilación invierno																										
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

4.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar la demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio. Para ello, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus™ version 9.0, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico, determinando para cada hora el consumo energético de un sistema ideal con potencia instantánea e infinita con rendimiento unitario.

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

- propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Casa Turégano		
Dirección	C/ Constantino Rodríguez, 17		
Municipio	Pozuelo de Alarcón	Código Postal	28224
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad Madrid de
Zona climática	D3	Año construcción	1988
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	1681619VK3718S0001TT		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Miguel Rueda	NIF(NIE)	71183227K
Razón social	UVa	NIF	Q4718001C
Domicilio	Av. Salamanca s/n		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47014
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	ruedagarciamiguel@gmail.com	Teléfono	689458154
Titulación habilitante según normativa vigente	Grado en Fundamentos de la Arquitectura		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

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

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

Fecha: 08/06/2019

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

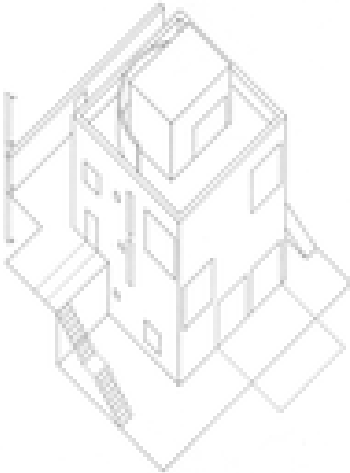

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

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

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	260.0
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Cubierta Grande	Cubierta	83.0	0.54	Estimadas
Cubierta Pequeña	Cubierta	17.0	0.54	Estimadas
Muro con terreno	Fachada	29.45	0.53	Estimadas
Fachada Sur A	Fachada	57.56	0.47	Estimadas
Fachada Sur B	Fachada	3.97	0.47	Estimadas
Fachada Norte A	Fachada	60.01	0.47	Estimadas
Fachada Norte B	Fachada	9.22	0.47	Estimadas
Fachada Oeste A	Fachada	74.25	0.47	Estimadas
Fachada Oeste B	Fachada	7.5	0.47	Estimadas
Fachada Este A	Fachada	73.15	0.47	Estimadas
Fachada Este B	Fachada	7.5	0.47	Estimadas
Suelo con terreno	Suelo	100.0	0.85	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventana 2.9	Hueco	33.64	3.33	0.72	Estimado	Estimado
Hueco Lucernario	Hueco	6.93	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Hueco 0.4	Hueco	0.8	3.44	0.62	Estimado	Estimado
Puerta	Hueco	1.89	3.44	0.62	Estimado	Estimado
Puerta Terraza	Hueco	1.68	3.78	0.63	Estimado	Estimado

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco 0.4 O	Hueco	0.48	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Hueco 2.9 O	Hueco	2.32	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Puerta O	Hueco	2.1	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Hueco 0.4 E	Hueco	0.32	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Hueco 2.9 E	Hueco	2.32	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Hueco 1.35 E	Hueco	3.65	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Puerta Patio	Hueco	3.36	3.78	0.63	Estimado	Estimado
Venta 1.35 O	Hueco	3.65	3.78	0.63	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	20	55.3	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	164.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	20	55.3	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

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

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	67.8 E		CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	E	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	E
	58.43		5.67	
			REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
	3.66		-	

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

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	3.66	951.03
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	64.10	16665.64

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	324.3 E		CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	E	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	E
	275.91		26.78	
			REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]	<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
	21.59		-	

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
128.2 E	22.1 D
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]

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

ANEXO III
RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Apartado no definido

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

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

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	08/06/2019
---	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

Edificio de nueva construcción o ampliación de edificio existente

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE OBJETO DEL PROYECTO:

Nombre del edificio	Casa Turégano		
Dirección	C/ Constantino Rodríguez, 17		
Municipio	Pozuelo de Alarcón	Código Postal	28224
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1988
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	1681619VK3718S0001TT		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar<input type="radio"/> Bloque<ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Bloque completo<input type="radio"/> Vivienda individual	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Edificio completo<input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO VERIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Miguel Rueda	NIF(NIE)	71183227K
Razón social	UVa	NIF	Q4718001C
Domicilio	Av. Salamanca s/n		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47014
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	ruedagarciamiguel@gmail.com	Teléfono	689458154
Titulación habilitante según normativa vigente	Grado en Fundamentos de la Arquitectura		
Procedimiento reconocido de cálculo utilizado y versión:	CEXv2.3		

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado el cálculo de la comprobación de los aspectos recogidos en este informe según lo indicado en las secciones HE0 y HE1 del CTE y en los 'Documentos de apoyo para la aplicación del DB HE' en función de los datos ciertos que ha definido del edificio o parte del mismo objeto de este análisis.

Fecha: 29/6/2019

Firma del técnico verificador

Cálculo realizado según lo recogido en la sección HE del CTE

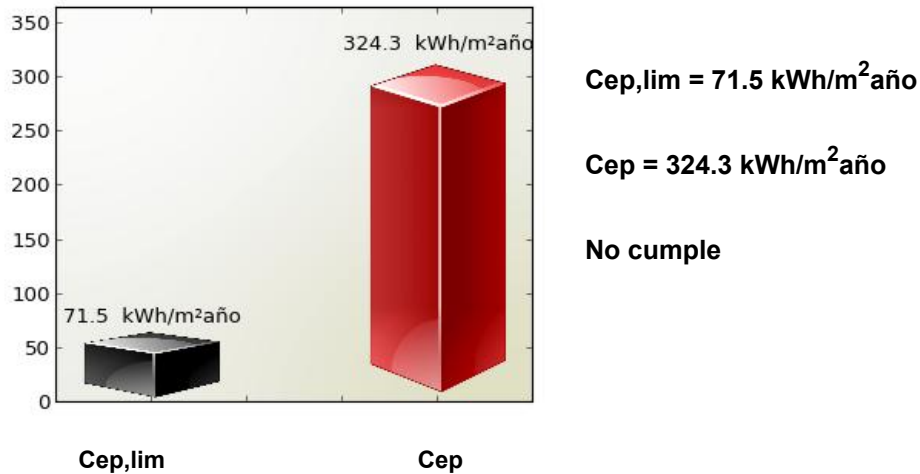


ANEXO I

Comprobación de la sección HE0: LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

El consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o de la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite (Cep,lim) recogido en el aptdo 2.2.1 del HE0 del CTE.



Siendo:

Cep: consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o de la parte ampliada

Cep,lim: valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para servicios de calefacción, refrigeración y ACS.

$$Cep,lim = Cep,base + Fep,sup/S$$

Cep,base: consumo energético de energía primaria no renovable en función de la zona climática de invierno.

Fep,sup: factor de corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, según los valores recogidos en la tabla 2.1 de la sección HE0 del CTE.

S: superficie útil de los espacios habitables del edificio o la parte ampliada.

2. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para la comprobación del cumplimiento del edificio según el CTE 2013.

2.a. Definición de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio, de acuerdo a la zonificación establecida en la sección HE 1

Zona climática según el DB HE1	D3
--------------------------------	----

2.b. Procedimiento empleado para el cálculo de la demanda energética y el consumo energético

Procedimiento utilizado y versión	CEXv2.3
-----------------------------------	---------

2.c. Demanda energética de los distintos servicios técnicos del edificio (calefacción, refrigeración, ACS)

Nombre	kWh/m ² año
Demanda de calefacción	128.22
Demanda de refrigeración	22.1
Demanda de ACS	12.44

2.d. Descripción y disposición de los sistemas empleados para satisfacer las necesidades de los distintos servicios técnicos del edificio

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	55.3	Gas Natural

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	55.3	Gas Natural

2.e. Factores de conversión de energía final a primaria

Tipo de Energía	Coefficiente de paso de energía final a primaria no renovable
Gas Natural	1.19
Gasóleo-C	1.179
Electricidad	1.954
GLP	1.201
Carbón	1.082
Biocarburante	0.085
Biomasa no densificada	0.034
Biomasa densificada (pelets)	0.085

2.f. Consumo procedente de fuentes de energía no renovables

Nombre	kWh/m ² año
Consumo de energía primaria no renovable para calefacción	275.91
Consumo de energía primaria no renovable para refrigeración	21.59
Consumo de energía primaria no renovable para ACS	26.78
Consumo de energía primaria no renovable para iluminación	0.0
Consumo de energía primaria no renovable total	324.28

3. DATOS DE CÁLCULO PARA EL CONSUMO ENERGÉTICO

3.1 DEMANDA ENERGÉTICA Y CONDICIONES OPERACIONALES

El consumo energético de calefacción y refrigeración se obtiene considerando las condiciones operacionales, datos previos y procedimientos de cálculo de la demanda energética establecidos en la sección HE1 del CTE 2013.

El consumo energético de ACS se obtiene considerando la demanda energética resultante de la aplicación del HE4 del CTE 2013.

El consumo energético del servicio de iluminación se obtiene considerando la eficiencia energética de la instalación de la aplicación del HE3 del CTE 2013

3.2 FACTORES DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA FINAL A ENERGÍA PRIMARIA

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables para cada vector energético son los establecidos oficialmente y han sido recogidos en el apartado 2.f del Anexo I del presente informe.

3.3 SISTEMAS DE REFERENCIA

Cuando no están definidos en proyecto los equipos para un servicio de climatización se consideran las eficiencias de los sistemas de referencia que se indican en la siguiente tabla y están recogidos en el apartado 4.3 de la sección HE0 del CTE.

Tecnología	Vector energético	Rendimiento
Producción de calor	Gas natural	0,92
Producción de frío	Electricidad	2,00

4. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El procedimiento de cálculo utilizado ha sido CEXv2.3

Este procedimiento de cálculo permite desglosar el consumo energético de energía final en función del vector energético utilizado (tipo de combustible o electricidad) para satisfacer la demanda energética de cada uno de los servicios técnicos (calefacción, refrigeración, ACS y, en su caso, iluminación).

La siguiente tabla recoge el consumo energético de energía final en función del vector energético.

Combustible	Calefacción (kWh/m ² año)	Refrigeración (kWh/m ² año)	ACS (kWh/m ² año)	Iluminación (kWh/m ² año)
Gas Natural	231.86	0.0	22.5	0.0
Electricidad	0.0	11.05	0.0	0.0

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El procedimiento de cálculo CEXv2.3 considera los siguientes aspectos:

- La demanda energética para los servicios de calefacción y refrigeración según la sección HE1, del CTE 2013.
- La demanda energética necesaria para ACS.
- La demanda energética para el servicio de iluminación.
- El dimensionado y rendimientos de los equipos y sistemas de producción de frío y de calor, ACS e iluminación.
- El empleo de distintas fuentes de energías, generadas in situ o remotamente.
- Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- La contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades a la parcela.

ANEXO II

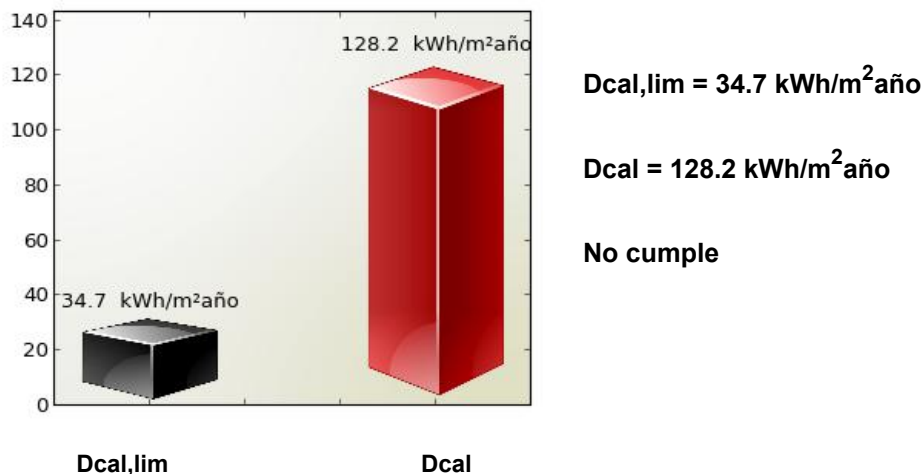
Comprobación de la sección HE1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1.1 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1.1.1 Limitación de la demanda de calefacción

La demanda energética de calefacción del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite ($D_{cal,lim}$) recogido en el apartado 2.2.1.1.1. del HE1 del CTE



Siendo:

D_{cal} : demanda energética de calefacción del edificio o de la parte ampliada

$D_{cal,lim}$: valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kWh/m²año, considerando la superficie de espacios habitables.

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

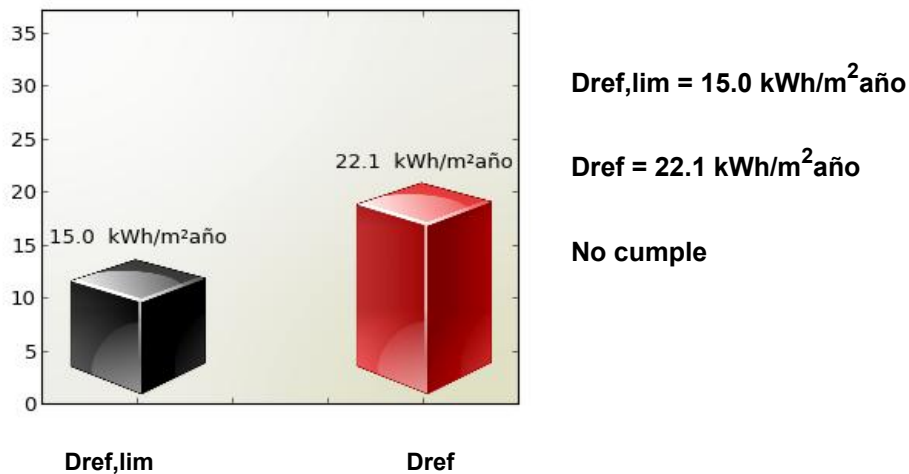
$D_{cal,base}$: valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno, según tabla 2.1 del HE1 del CTE 2013.

$F_{cal,sup}$: factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, según tabla 2.1 del HE1 del CTE 2013

S: superficie de los espacios habitables del edificio.

1.1.2 Limitación de la demanda de refrigeración

La demanda energética de refrigeración del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{ref,lim} = 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$ para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3, o el valor límite $D_{ref,lim} = 20 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$ para la zona climática de verano 4.



Siendo:

Dref: demanda energética de refrigeración del edificio o de la parte ampliada

Dref,lim : valor límite de la demanda energética de refrigeración, expresada en kWh/m²año, considerando la superficie de espacios habitables.

1.2 LIMITACIÓN DE DESCOMPENSACIONES

La transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la de los cerramientos que formen parte de la envolvente térmica del edificio, no debe superar los valores establecidos en la tabla 2.3 del HE1 del CTE 2013. De esta comprobación se excluyen los puentes térmicos. La transmitancia térmica de particiones interiores que delimiten las unidades de uso residencial de otras de distinto uso no superará los valores de la tabla 2.4 de la sección HE1 del CTE.

Cerramientos opacos

	U(W/m ² K)	U límite(W/m ² K)	Cumple
Cubierta Grande	0.54	0.4	No
Cubierta Pequeña	0.54	0.4	No
Muro con terreno	0.53	0.6	Sí
Fachada Sur A	0.47	0.6	Sí
Fachada Sur B	0.47	0.6	Sí
Fachada Norte A	0.47	0.6	Sí
Fachada Norte B	0.47	0.6	Sí
Fachada Oeste A	0.47	0.6	Sí
Fachada Oeste B	0.47	0.6	Sí
Fachada Este A	0.47	0.6	Sí
Fachada Este B	0.47	0.6	Sí
Suelo con terreno	0.85	0.6	No

Huecos

	U(W/m ² K)	U límite(W/m ² K)	Cumple	Perm. (m ³ /hm ²)	Perm. límite (m ³ /hm ²)	Cumple
Ventana 2.9	3.33	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco Lucernario	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco 0.4	3.44	2.7	No	50.0	27.0	No
Puerta	3.44	2.7	No	50.0	27.0	No
Puerta Terraza	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco 0.4 O	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco 2.9 O	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Puerta O	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco 0.4 E	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco 2.9 E	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Hueco 1.35 E	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Puerta Patio	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No
Venta 1.35 O	3.78	2.7	No	50.0	27.0	No

1.3 LIMITACIÓN DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES

La comprobación se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior fR_{si} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $fR_{si,min}$, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero de la localidad.

$$fR_{si} > fR_{si, min}$$

Siendo:

fR_{si} : factor de temperatura de la superficie interior

$$fR_{si} = 1 - U \cdot 0,25$$

$fR_{si,min}$: factor de temperatura de la superficie interior mínimo. Se obtiene a partir de la tabla 1 del DA DB-HE/2, en función de la clase de higrometría de cada espacio y la zona climática de invierno.

	fRsi	fRsi,min	Cumple
Cubierta Grande	0.86	0.61	Sí
Cubierta Pequeña	0.86	0.61	Sí
Fachada Sur A	0.88	0.61	Sí
Fachada Sur B	0.88	0.61	Sí
Fachada Norte A	0.88	0.61	Sí
Fachada Norte B	0.88	0.61	Sí
Fachada Oeste A	0.88	0.61	Sí
Fachada Oeste B	0.88	0.61	Sí
Fachada Este A	0.88	0.61	Sí
Fachada Este B	0.88	0.61	Sí

*No es necesaria la comprobación de aquellas particiones interiores que linden con espacios no habitables donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno.

*No se ha podido realizar la comprobación del cumplimiento de los puentes térmicos por falta de datos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA

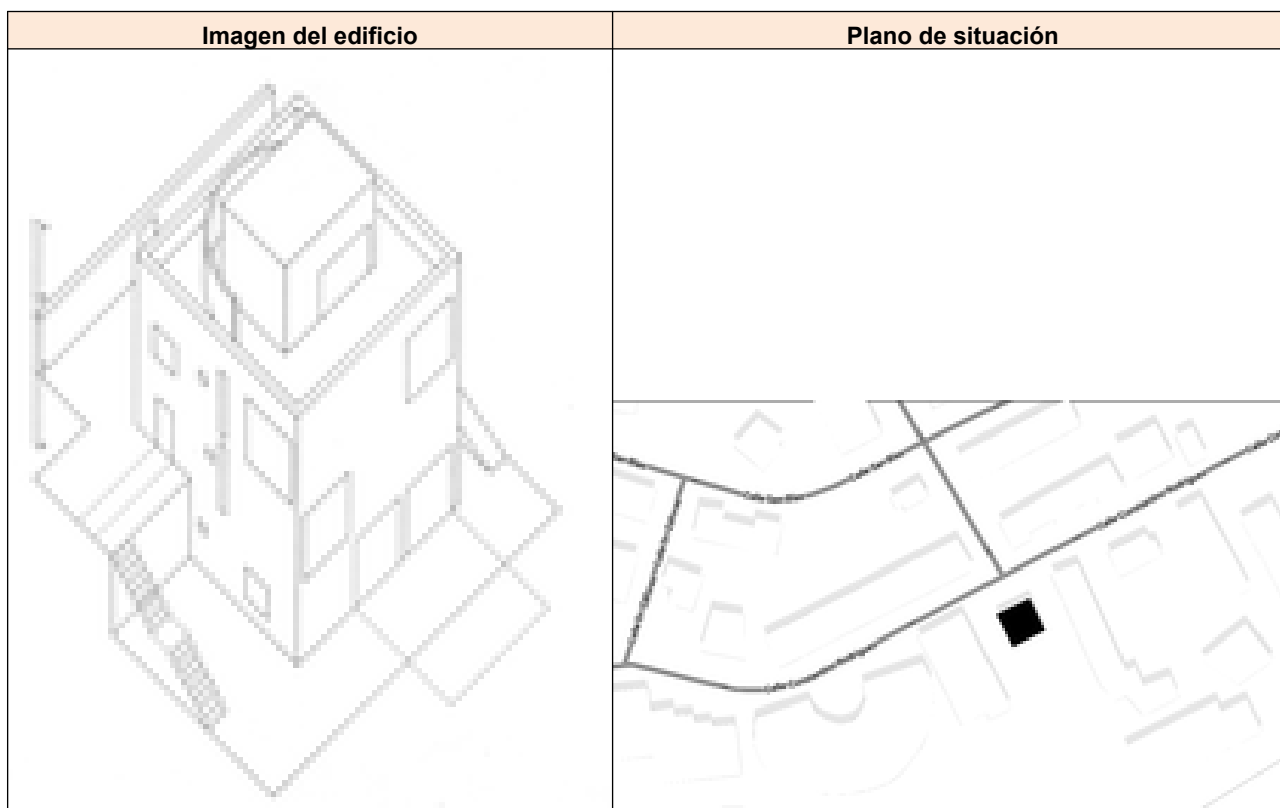
En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para la comprobación del cumplimiento del edificio según el CTE 2013.

2.a. Definición de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio, de acuerdo a la zonificación establecida en la sección HE 1

Zona climática según el DB HE1	D3
--------------------------------	----

2.b. Descripción geométrica, constructiva y de usos del edificio: orientación, definición de la envolvente térmica, otros elementos afectados por la comprobación de la limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado, distribución y usos de los espacios

Superficie habitable [m ²]	260.0
--	-------



Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)
Cubierta Grande	Cubierta	83.0	0.54
Cubierta Pequeña	Cubierta	17.0	0.54
Muro con terreno	Fachada	29.45	0.53
Fachada Sur A	Fachada	91.2	0.47
Fachada Sur B	Fachada	10.9	0.47
Fachada Norte A	Fachada	62.7	0.47
Fachada Norte B	Fachada	10.9	0.47
Fachada Oeste A	Fachada	82.8	0.47
Fachada Oeste B	Fachada	7.5	0.47
Fachada Este A	Fachada	82.8	0.47
Fachada Este B	Fachada	7.5	0.47
Suelo con terreno	Suelo	100.0	0.85

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Factor solar
Ventana 2.9	Hueco	33.64	3.33	0.72
Hueco Lucernario	Hueco	6.93	3.78	0.63
Hueco 0.4	Hueco	0.8	3.44	0.62
Puerta	Hueco	1.89	3.44	0.62
Puerta Terraza	Hueco	1.68	3.78	0.63
Hueco 0.4 O	Hueco	0.48	3.78	0.63
Hueco 2.9 O	Hueco	2.32	3.78	0.63
Puerta O	Hueco	2.1	3.78	0.63
Hueco 0.4 E	Hueco	0.32	3.78	0.63
Hueco 2.9 E	Hueco	2.32	3.78	0.63
Hueco 1.35 E	Hueco	3.65	3.78	0.63
Puerta Patio	Hueco	3.36	3.78	0.63
Venta 1.35 O	Hueco	3.65	3.78	0.63

2.c. Condiciones de funcionamiento y ocupación

Superficie (m ²)	Perfil de uso
260.0	Residencial

2.d. Procedimiento empleado para el cálculo de la demanda energética y el consumo energético

Procedimiento utilizado y versión	CEXv2.3
-----------------------------------	---------

2.e. Demanda energética, y en su caso, porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia

Nombre	kWh/m ² año
Demanda de calefacción	128.22
Demanda de refrigeración	22.1
Demanda de ACS	12.44

3. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA

3.1 SOLICITACIONES EXTERIORES

Se consideran solicitudes exteriores las acciones del clima sobre el edificio, tomando como zona climática la de referencia a la localidad según el CTE2013.

3.2 SOLICITACIONES INTERIORES Y CONDICIONES OPERACIONALES

Las solicitudes interiores son las cargas térmicas generadas en el interior del edificio debido a los aportes de energía de los ocupantes, equipos e iluminación.

Las condiciones operacionales se definen por los siguientes parámetros que se recogen en los perfiles de uso del Apéndice C de la sección HE1 del CTE 2013.

- a) Temperatura de consigna de calefacción
- b) Temperatura de consigna de refrigeración
- c) Carga interna debida a la ocupación
- d) Carga interna debida a la iluminación
- e) Carga interna debida a los equipos.

Se especifica el nivel de ventilación de cálculo para los espacios habitables y no habitables.

4. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA DEMANDA

El procedimiento de cálculo utilizado ha sido CEXv2.3

El procedimiento de cálculo permite determinar la demanda energética de calefacción y refrigeración necesaria para mantener el edificio por periodo de un año en las condiciones operacionales definidas en el apartado 4.2 de la sección HE1 del CTE cuando este se somete a las solicitudes interiores y exteriores descritas en los apartados 4.1 y 4.2 del mismo documento. El procedimiento de cálculo puede emplear simulación mediante un modelo térmico del edificio o métodos simplificados equivalentes.

El procedimiento de cálculo permite obtener separadamente la demanda energética de calefacción y de refrigeración.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El procedimiento de cálculo considera los siguientes aspectos:

- a) El diseño, emplazamiento y orientación del edificio
- b) La evolución hora a hora en régimen transitorio del proceso térmico
- c) El acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas
- d) Las solicitudes interiores, solicitudes exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de la sección HE1 del CTE.
- e) Las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales
- f) Las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de los elementos opacos de la envolvente térmica considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación.
- g) Las ganancias y pérdidas producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

4.2 MODELO DEL EDIFICIO

4.2.1 Envolvente térmica del edificio

Son todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

4.2.2 Cerramientos opacos

Se han definido las características geométricas de los cerramientos de espacios habitables y no habitables, así como de particiones interiores que estén en contacto con el aire o el terreno o se consideren adiabáticos a efectos de cálculo.

Se han definido los parámetros de los cerramientos, definiendo sus prestaciones térmicas, espesor, densidad, conductividad y calor específico de las capas.

Se han tenido en cuenta las sombras que pueden arrojar los obstáculos en los cerramientos exteriores.

4.2.3 Huecos

Se han definido características geométricas de huecos y protecciones solares, sean fijas o móviles y otros elementos que puedan producir sombras o disminuir la captación solar de los huecos.

Se ha definido transmitancia térmica del vidrio y el marco, la superficie de ambos, el factor solar del vidrio y la absorptividad de la cara exterior del marco.

Se ha considerado la permeabilidad al aire de los huecos para el conjunto de marco vidrio.

Se ha tenido en cuenta las sombras que pueden arrojar los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales o cualquier elemento de control solar.

4.2.4 Puentes térmicos

Se han considerado los puentes térmicos lineales del edificio, caracterizados mediante su tipo, la transmitancia térmica lineal, obtenida en relación con los cerramientos contiguos y su longitud.

4.3 EDIFICIO DE REFERENCIA

El edificio de referencia ha sido obtenido a partir del edificio objeto con la misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio y obstáculos remotos con unas soluciones tipificadas cuyos parámetros característicos se describen en el apéndice D de la sección HE1 del CTE 2013.

El presente documento, tiene naturaleza meramente informativa, el contenido que aparece en el mismo, es consecuencia de los datos proporcionados por el usuario, la información contenida en el mismo tiene carácter meramente orientativo y en ningún caso es de naturaleza vinculante, por ello SAINT- GOBAIN ISOVER IBÉRICA S.L. así como cualquiera de las restantes empresas que formen parte del mismo grupo empresarial de aquella, declinan cualquier responsabilidad, en particular por daños indirectos, lucro cesante, salvo en casos de fraude o dolo imputable, y no garantizan el contenido de este documento en cuanto a su exactitud, fiabilidad exhaustividad. Cualquier uso que pueda hacerse de dicha información es responsabilidad exclusiva del usuario.