



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TÉCNICA

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

SEPTIEMBRE 2018

Alumno: André GARRIDO IGLESIAS

Tutor: Juan Luis PÉREZ ORDÓÑEZ

Departamento de Ingeniería Civil

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN SOSTENIBLE
CURSO 2017/2018

CONTENIDO

1.	Resumen / Abstract	3
1.1.	Resumen	3
1.2.	Abstract	3
2.	Introducción	4
2.1.	BIM y sus dimensiones	4
2.1.1.	Dimensiones BIM	6
2.2.	Interoperabilidad	7
3.	Objetivos y alcance del trabajo	9
4.	Estado de la cuestión	10
4.1.	Certificaciones energéticas	10
4.2.	Herramientas autorizadas	10
4.3.	Aproximaciones a realizar un certificado o simulación energética a través de la metodología BIM.....	11
4.4.	Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a Líder y Calener	12
5.	Medios necesarios.....	14
5.1.	Revit	14
5.2.	ArchiCAD	15
6.	Levantamiento del modelo BIM	16
6.1.	Dotar de información al modelo	16
6.1.1.	Revit.....	16
6.1.2.	ArchiCAD	36
6.2.	Obtención de archivos climáticos EPW	48
6.3.	Interoperabilidad. Exportación para su apertura en HULC	52
6.3.1.	ArchiCAD a HULC	52
6.3.2.	ArchiCAD / Revit a Cypetherm HE Plus.....	55
6.4.	Obtención de resultados	66
6.4.1.	Calificación a partir de Ecodesigner de ArchiCAD	66
6.4.2.	Calificación a partir del archivo IFC en Cypetherm HE Plus.....	69
6.4.3.	Calificación a partir de CE3X	70
6.4.4.	Calificación a partir de HULC	70
7.	Resultados.....	71
8.	Conclusiones	72
9.	Posible continuación o alternativas a esta investigación	74
10.	Bibliografía.....	75
	Anexo I. Informe de evaluación de Ecodesigner (ArchiCAD)	76
	Anexo II. Informe de evaluación de Cypetherm HE Plus.....	102
	Anexo III. Informe de evaluación de HULC	104
	Anexo IV. Infografía de la vivienda.....	111

1. RESUMEN / ABSTRACT

1.1. Resumen

El trabajo fin de máster trata sobre la integración del estudio energético de un edificio modelado a través de la metodología BIM con las herramientas oficiales de certificación, aprovechando la interoperabilidad para no tener que realizar dos veces el modelado, uno en una herramienta BIM y de nuevo en HULC. También se compararán los resultados obtenidos en las herramientas de simulación energética con los de las herramientas oficiales para ver las diferencias. En primer lugar, se expondrá cómo dotar con la información necesaria para el cálculo según la normativa española a los modelos BIM. A continuación, se mostrará el proceso para exportar en IFC los modelos, indicando las opciones correctas para hacerlo además de estudiar las distintas herramientas disponibles y ver cómo se comportan en el estado actual. Por último se estudiarán y compararán los resultados obtenidos en todas las herramientas.

- **Palabras clave:** BIM, certificación energética, sostenibilidad, interoperabilidad.

1.2. Abstract

This Master's Thesis deals with the integration of energy certification with official certification tools in building modeled through the BIM methodology, taking advantage of interoperability. Thanks to interoperability it is not necessary to perform the modeling twice, once in a BIM tool and again in HULC. The results obtained in the energy simulation tools will also be compared with those of the official tools to see the differences. First of all, we will explain how to provide the necessary information for the calculation according to the Spanish regulations in BIM models. Next, process for exporting the models to IFC will be described, indicating the correct options to do so as well as studying the different available tools and see how they behave currently. Finally, the results obtained in all the tools will be studied and compared.

- **Key words:** BIM, energy certification, sustainability, interoperability.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. BIM y sus dimensiones

BIM es una metodología de trabajo multidisciplinar e integrada, con alrededor de 30 años de antigüedad y que resurgió en los últimos años en el sector de la construcción. Una visión muy extendida de BIM es que se trata de un software informático que permite realizar, con el mismo esfuerzo un modelo tridimensional así como automatizar muchos procesos. Sin embargo, la metodología va mucho más allá.

No se debe entender BIM como una herramienta sino como una metodología que implica la gestión integrada del proyecto y la participación de todos los agentes en el ciclo de vida del proyecto. (1)

La metodología BIM es la respuesta del sector de la construcción a los avances tecnológicos propios de la industria 4.0 en el sector industrial, también conocida como la cuarta revolución industrial. Se puede decir que los principios de diseño de la industria 4.0 son los siguientes:

- **Interoperabilidad:** Consiste en la habilidad de las personas, dispositivos, sensores o herramientas de conectarse y comunicarse entre sí, independientemente del formato que utilicen y del lugar del mundo.



Figura 1. Símbolo del formato IFC.
Fuente: <http://www.visualarq.com/wp-content/uploads/sites/2/2011/01/ifclogo.jpg>

Esta interoperabilidad se consigue a través de formatos de archivos unificados, como es el IFC, que permite el entendimiento entre distintos software del sector de la construcción. Gracias a él, y en teoría, se podría realizar el mismo trabajo sin importar la plataforma que estemos utilizando, favoreciendo un mercado abierto y sin restricciones.

En el siguiente apartado nos centraremos en este punto de suma importancia e indispensable para cualquier programa informático que quiera incluirse dentro de la metodología BIM.

- **Transparencia de la información:** Es la habilidad de los sistemas de información de crear una copia virtual del mundo físico enriqueciendo modelos digitales.

Quizá sea uno de los puntos más controvertidos en la forma de trabajo convencional, donde se tiene un celo excesivo por el secreto profesional, hay que recordar que uno de los principios básicos del BIM es la información, y si se oculta parte de ésta obtendremos un modelo incompleto.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA



Figura 2. Nube de puntos de una serie de edificios existentes. Fuente: <http://www.mtechthailand.com/files/9813/7240/5984/point-cloud-improvements-large-1152x648.jpg>

La transparencia de la información también es útil desde el punto de vista del Facility Management, ya que otorga la capacidad de tener un control, por ejemplo, de toda la maquinaria disponible en un edificio, fecha de mantenimientos realizados y por quién, acceso a fichas técnicas, etc.

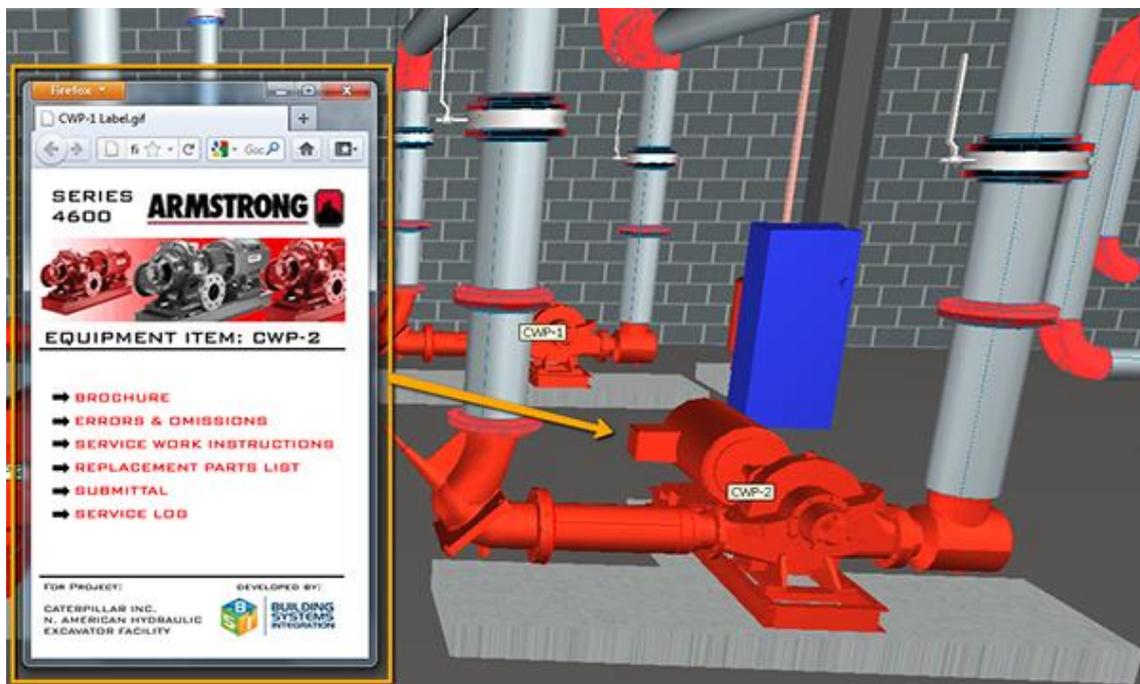


Figura 3. Ejemplo de acceso a la información de una bomba de circulación. Fuente: [https://www.behance.net/gallery/2671795/BIM-Facility-Management-\(6D-BIM\)](https://www.behance.net/gallery/2671795/BIM-Facility-Management-(6D-BIM))

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- **Asistencia técnica:** Consiste, en primer lugar, en la habilidad de las herramientas para apoyar a las personas, añadiendo y visualizando la información al completo para realizar decisiones y resolver problemas urgentes en un plazo corto de tiempo. En segundo lugar, en su capacidad para apoyarlas realizando una serie de actividades que son desagradables, demasiado agotadoras o no seguras para las personas.

En el primer caso la metodología BIM nos permite visualizar la información y realizar tomas de decisión a través de modelos con una información más completa y en el segundo se realizan procesos tediosos más fácilmente como son las secciones o memorias de carpintería (dependiendo del programa de modelado).

- **Decisiones descentralizadas:** La habilidad de los sistemas ciberfísicos de tomar decisiones por su cuenta y realizar tareas lo más autónomamente posible. Sólo en caso de excepciones, interferencias u objetivos en conflicto, se delegarán las tareas a un nivel más alto.

Se puede observar que, excepto en el último punto, el resto de principios de diseño son características propias de la metodología BIM.

2.1.1. Dimensiones BIM

Las dimensiones BIM dividen todos los aspectos que envuelven un proyecto BIM en varios campos. Dichas áreas son:

- **2D.** La dimensión 2D, por sí sola, consistiría la metodología de trabajo tradicional, representando los elementos de forma bidimensional sobre una hoja de papel. Uno de los usos que tiene esta dimensión es la de realizar detalles constructivos concretos de diversos aspectos de un proyecto. También engloba las etiquetas de teto asociativas a los elementos bidimensionales representados.



Figura 4. Dimensiones BIM. Fuente: Romero Fernández, José. "La gestión y calidad del proyecto BIM y su ciclo de vida" (2)

- **3D.** Esta dimensión consiste en definir la volumetría de los elementos, no sólo para obtener una visualización agradable a la vista o impactante, sino para conocer cómo interactúan entre sí los distintos elementos en las tres dimensiones.
- **4D.** Gestión de tiempos. En este ámbito se gestionarán los tiempos en obra del proyecto conforme va avanzando el mismo, detectando posibles problemas con anterioridad para anticipar soluciones o incluso para saber cuántas cuadrillas o subcontratas coincidirán un mismo día en la obra.
- **5D.** Costes. Esta dimensión abarca todo lo que tenga que ver con el presupuesto de un proyecto entendiendo como tal desde que se inicia el anteproyecto hasta que se entregan las llaves del mismo. Los elementos se asocian a partidas que a partir de su geometría se obtendrá un precio. Se debe tener en cuenta que un presupuesto nunca será un aspecto automático, ya que hay partidas que nunca se podrán asociar a un elemento. Esta dimensión y la anterior están íntimamente ligadas entre sí, ya que una obra que tarde más tiempo tendrá unos costes mayores además de que normalmente las bases de precios incluyen información de precio y tiempos.
- **6D.** Sostenibilidad. En la dimensión 6D se simula el comportamiento energético del edificio y las posibilidades que ofrecen las distintas alternativas o soluciones constructivas eficientes antes de terminar el proyecto. También ayuda, en fase proyectual a enseñarle al cliente como las distintas decisiones que se toman afectan a los gastos energéticos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- **7D.** Mantenimiento. Engloba la gestión del activo inmobiliario, las revisiones periódicas de maquinaria de climatización o de equipos de extinción, cambios en arrendatarios en alquileres, cambios de propiedad e incluso, avisos periódicos de labores de mantenimiento que se deben de realizar.
- **8D.** Control de calidad. Consiste en la comprobación de la calidad del modelo BIM, por un lado verificando que los elementos 3D no se solapen entre sí, lo que posteriormente podría provocar problemas en obra y por lo tanto sobrecostes como también la verificación normativa de forma automática de espacios libres, de maniobra, longitud de recorridos d evacuación, etc.

2.2. Interoperabilidad

En la metodología BIM se desarrolla un modelo único integrado, en el que la información proviene de distintos softwares y herramientas. En el momento en el que existen varios software en los que la información o datos geométricos que manejan, modelan o calculan son coincidentes entre sí, se hace necesario la comunicación entre ellos de una forma rápida y en la que no se pierda información. La interoperabilidad es la capacidad de intercambiar información entre los software que participan en la creación de un modelo BIM, mejorando su flujo de trabajo, eliminando incoherencias y faltas de información durante el proceso. (3)

¿Qué se consigue gracias a la interoperabilidad? Gracias a ella desaparece la necesidad de copiar manualmente o de volver a modelar el proyecto o partes de él para tener el modelo del edificio en otra plataforma o software que participe en la definición de un proyecto. La interoperabilidad no sólo elimina la necesidad de tener que repetir parte del trabajo o la totalidad del trabajo, también automatiza el proceso y elimina

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

errores en los que, por ejemplo, la longitud total de una fachada en el alzado no coincida con la longitud de la misma fachada en planta, es decir, elimina incoherencias.

Tradicionalmente, la interoperabilidad se basaba en formatos de archivos de intercambio de información únicamente geométrica, como por ejemplo el DXF, en el que distintos software podían guardar, abrir, importar o exportar en ese formato de archivo. En BIM todo esto cambia totalmente, ya no sólo es importante los datos geométricos si no que los modelos BIM tiene mucha más información, como pueden ser materiales, resistencias térmicas, fabricantes, modelos, coordenadas del emplazamiento de la obra, datos del arquitecto, del cliente, etc., esta información se transmite a través de un nuevo formato que se denomina IFC (Industry Foundation Classes). Este tipo de información complica o hace imposible el intercambio a través de archivos de intercambio de información geométrica, por lo que el intercambio de información debe adaptarse al formato IFC. (3)

Los formatos de intercambio usados en BIM se basan en la traducción de los datos que entiende sólo la herramienta al formato de intercambio (IFC) a través de un esquema. Estos esquemas nos permiten seleccionar la información que queremos intercambiar entre herramientas BIM. Dicho de otra manera, a través de los esquemas, podemos filtrar qué información queremos que traduzca el programa a la hora de guardar o abrir un formato de archivo de intercambio.

El mayor desafío en la interoperabilidad es que cada programa entiende los elementos de formas distintas. Así, mientras que pasar un modelo que tiene unos parámetros fijos no supone ningún problema, el trasladar un modelo que sea editable o paramétrico, supone un gran problema ya que habría que incluir en el proceso las reglas de parametrización para que el programa receptor “entendiese” como puede editar los elementos. Lo deseable es que en un futuro, las distintas herramientas BIM tengan unas reglas estandarizadas desarrolladas, para resolver este problema de interoperabilidad en cuanto a modelos perfectamente paramétricos.

Aunque pueda parecer que este asunto es un problema a resolver por informáticos a la hora de programar los software, esta afirmación es incorrecta, ya que los informáticos tienen el conocimiento para desarrollar los programas para que estos sean interoperables pero necesitan, por ejemplo, el conocimiento que tienen los distintos agentes del sector de la construcción para saber cómo necesitan la información y qué información necesitan en el intercambio. Por ejemplo, los expertos en estructuras les indicarán a los informáticos qué parámetros les hacen falta a la hora del cálculo estructural, para definir geoméricamente la estructura, o para indicar la cuantía de las cargas.

Anteriormente, al inicio del apartado anterior se mencionó que BIM es una metodología de trabajo multidisciplinar. Con este se quiere decir que aunque los programas más conocidos son los de modelado, existen multitud de programas para el cálculo y modelado de instalaciones o de estructuras que llegan mucho más allá que los propios programas de modelado, por lo que es de suma importancia transmitir la información desde el modelado de arquitectura a dichos programas para que los especialistas correspondientes trabajen en su campo.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

El objetivo del presente trabajo fin de máster es estudiar una metodología de trabajo en la que se pueda aprovechar un modelo BIM para realizar una certificación u evaluación energética aprovechando la mayor parte del trabajo realizado en el levantamiento del modelo tridimensional.

Se estudiarán los procesos a seguir tanto si se usa un programa de modelado como Revit o si se usa ArchiCAD y se detallarán las ventajas, inconvenientes y barreras encontradas en cada caso.

Por último, se compararán los resultados obtenidos en el caso de utilizar documentos no reconocidos para comprobar la variación de los resultados con respecto a los reconocidos.

En este trabajo no se entrará en detalles de cómo levantar la arquitectura de un proyecto, sino que se hablará de criterios generales para ello y de cómo se dotará de información relevante para el análisis energético, que sí se detallará pormenorizadamente.

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

4.1. Certificaciones energéticas

En el año 2002, la Comisión Europea aprobó la Directiva 2002/91/CE, estableciendo como objetivo de esta directiva fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia. (4) Este objetivo se mantuvo invariable con la modificación de la directiva Directiva 2010/31/UE.

Con la Directiva 2012/27/UE se establece como meta la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión de un 20 % de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras ulteriores de eficiencia energética más allá de ese año. (5) Esta Directiva se aprobó ya que en la Unión Europa no se iba a alcanzar el objetivo de mejorar un 20% la eficiencia energética. Esto se hizo patente en las conclusiones del Consejo Europeo de 4 de febrero de 2011, donde se señala que las previsiones realizadas en 2007 mostraban un consumo de energía primaria en 2020 de 1.842 Mtep. Con una reducción del 20% la cifra de consumo sería de 1.474 Mtep en 2020, es decir, una disminución de 368 Mtep respecto a las previsiones, comprobando que hasta ese momento, el objetivo no se iba a cumplir. (6)

4.2. Herramientas autorizadas

La normativa europea tuvo su transposición en el Real Decreto 235/2013 y su posterior modificación en el Real Decreto 564/2017, donde se define el procedimiento para la certificación energética.

“Un certificado de eficiencia energética no es otra cosa que una estimación, mediante un procedimiento de cálculo estandarizado, del consumo global de energía primaria no renovable en kWh/m² año y de las emisiones de dióxido de carbono en kgCO₂/m² año, teniendo en cuenta, entre otros aspectos, las condiciones de uso de los edificios y las condiciones climáticas de cada zona geográfica.” (7)

Es decir, el certificado de eficiencia energética no refleja una realidad de consumos energéticos que pueden ser reflejados en una factura, si no que se trata de un cálculo o estimación aproximada, ya que en una factura real hay aspectos que no se tienen en cuenta en la certificación.

En España, este cálculo estandarizado se realiza a través de dos métodos, el general y el simplificado.

- A través del procedimiento simplificado se puede realizar la certificación energética de edificios existentes a partir de información constructiva y de instalaciones menos detalladas que el método general. Los dos programas, también conocidos como “documentos reconocidos”, para realizar la certificación energética por el método general son el CE3 y el CE3X.
- Mediante el procedimiento general se certifica edificios de nueva construcción además de comprobar el cumplimiento de los documentos DB HE0 y DB HE1 del Código Técnico de la Edificación. El “documento reconocido” para realizar el procedimiento general es la Herramienta Unificada Líder Calener. A través de la descarga del complemento CE3X Obra Nueva, el CE3X es también un

documento reconocido para la certificación energética a través del método general. En el último año, también se consideran herramientas informáticas reconocidas el Cypetherm HE Plus de CYPE Ingenieros y el SG SAVE de Saint-Gobain.

4.3. Aproximaciones a realizar un certificado o simulación energética a través de la metodología BIM

A la hora de realizar un certificado energético dentro de la metodología BIM, se pueden realizar varias aproximaciones. La primera y más directa, es realizar directamente el análisis dentro de las herramientas BIM que trataremos en este trabajo académico, que son Revit y ArchiCAD. Para ello, ambas herramientas deberán cumplir el documento que se expone en el apartado siguiente, donde se detalla que parámetros se deben tener en cuenta y que valores se deben calcular.

Por último, se puede hacer uso de una correcta interoperabilidad para exportarlo a otros programas ya reconocidos para realizar el análisis energético.

De forma resumida, las opciones de las que disponemos son las siguientes:

- Directamente en ArchiCAD
 - Exportar a Lider
- Directamente en Revit
 - Exportar a HULC
- Exportar mediante IFC a través de:
 - Desde ArchiCAD
 - Exportar a Cypetherm HE Plus
 - Exportar a Passivhaus
 - Desde Revit
 - Exportar a Cypetherm HE Plus

4.4. Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a Líder y Calener

En mayo 2009, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía publicó un documento titulado “Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER”, en el que se detalla que su objetivo es el de presentar los requisitos que tendrán que satisfacer los procedimientos alternativos a los procedimientos de referencia citados anteriormente.

Es por ello que si queremos realizar una certificación energética directamente a través de herramientas BIM como ArchiCAD o Revit con las funcionalidades que proporcionan, deberán cumplir todos los criterios expuesto en el documento.

A continuación se exponen los puntos clave o criterios enumerados en las primeras páginas del documento.

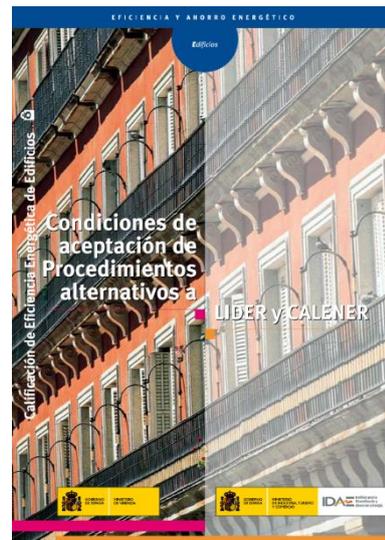


Figura 5. Portada del documento referido. Fuente: IDAE

Los métodos alternativos deberán ser capaces de:

- Determinar la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio objeto y del edificio de referencia a partir de los parámetros de definición geométrica, contractiva y operacional mencionados en el apartado 5 y con los datos climáticos que se incluyen en el anexo I de este documento.
- Verificar si los cerramientos de la envolvente térmica de edificio objeto cumplen con las transmitancias máximas indicadas en el Anexo II de este documento.
- Verificar que las carpinterías de los huecos cumplen las exigencias de permeabilidad al aire indicadas en el Anexo II de este documento.
- En el caso de que el edificio objeto sea conforme con la reglamentación, producir una salida impresa con la información del denominado documento administrativo que se cita en el apartado 9 de este documento.

Deberán integrar como mínimo los siguientes aspectos:

- Particularización de las solicitudes exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que puedan bloquear dicha radiación.
- Determinación de las sombras producidas sobre los huecos por los obstáculos de fachada, tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.
- Ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y huecos acristalados, considerando la radiación absorbida.
- Transmisión de la radiación solar a través de las superficies transparentes, teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia.
- Efecto de persianas y de cortinas exteriores, a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia del hueco.
- Cálculo de infiltraciones, a partir de la permeabilidad de las ventanas.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- Toma en consideración de la ventilación, en términos de renovaciones/hora, para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
- Efecto de las fuentes internas, diferenciando sus fracciones radiantes y conectivas y teniendo en cuenta las variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica.
- Posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los períodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de consigna y durante los periodos sin ocupación).
- Acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

5. MEDIOS NECESARIOS

Para la realización del TFM es necesario un ordenador que soporte las herramientas más exigentes que en este caso son ArchiCAD y Revit.

5.1. Revit

Los requisitos mínimos de Revit en su versión 2018 son los siguientes:

Mínimo: configuración básica	
Sistema operativo	<p>Microsoft® Windows® 7 SP1 de 64 bits: Enterprise, Ultimate, Professional o Home Premium</p> <p>Microsoft Windows 8.1 de 64 bits: Enterprise, Pro o Windows 8.1</p> <p>Microsoft Windows 10 de 64 bits: Enterprise o Pro</p>
CPU	<p>Procesador Intel® Pentium®, Xeon® o i-Series de uno o varios núcleos, o AMD® equivalente, con tecnología SSE2. Se recomienda adquirir un procesador con la máxima velocidad posible.</p> <p>Los productos de la línea Revit de Autodesk utilizan múltiples núcleos para varias tareas y llegan a utilizar 16 núcleos durante las operaciones de renderización fotorrealista.</p>
Memoria RAM	4 GB de RAM
Pantalla de vídeo	1280 x 1024 con color verdadero
GPU	<p>Gráficos básicos: Adaptador de pantalla que admita color de 24 bits</p> <p>Gráficos avanzados: Tarjeta gráfica compatible con DirectX® 11 y Shader Model 3. Encontrará una lista de tarjetas certificadas en la página de hardware certificado de Autodesk.</p>

5.2. ArchiCAD

Los requisitos de ArchiCAD en su versión 21 son los siguientes:

Mínimo: configuración básica	
Sistema operativo	Microsoft® Windows® 7, 8 y 8.1 (versión de 64 bit). Java 1.7.0 o posterior (instalado automáticamente si no está presente). Mac® OS X 10.8 Mountain Lion, 10.9 Mavericks.
CPU	Se requiere un procesador de 64 bit con dos núcleos. Se recomienda un procesador con 4-8 (o más) núcleos para explotar totalmente las capacidades de rendimiento de ArchiCAD.
Memoria RAM	4 GB de RAM. Se recomiendan 8 GB o más para modelos complejos y 16 GB o más para modelos complejos detallados.
Pantalla de vídeo	Resolución requerida de 1024 x 768. Se recomienda 1440 x 900 o superior
GPU	Se requiere una tarjeta gráfica compatible con Open GL con una memoria de 512 MB, se recomiendan 1024 MB o más para poder explotar las capacidades de aceleración del hardware.

Se ha utilizado un Lenovo Z50-70 con las siguientes características:

- **CPU:** i7 - 4510U de 2,00 GHz. 4 núcleos
- **GPU:** Nvidia GeForce 840M
- **RAM:** 6GB DDR3L
- **Sistema operativo:** Windows 10

6. LEVANTAMIENTO DEL MODELO BIM

El levantamiento del modelo BIM, es un proceso que tiene lugar durante la fase de proyecto de una edificación. En ella, los agentes que participan en el proyecto lo desarrollan manteniendo una comunicación permanente, rápida y concisa entre arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros, promotor, etc. En el Anexo IV se presenta infografía de la vivienda para entender su configuración arquitectónica.

6.1. Dotar de información al modelo

6.1.1. Revit

La definición arquitectónica de la vivienda en Revit se estableció de la siguiente forma:



Figura 6. Vivienda a analizar en Revit. Fuente: propia

Se trata de una vivienda unifamiliar aislada de planta baja y planta primera. El bajocubierta no es habitable. A partir de aquí se tendrá que realizar dos pasos, el primero será definir los espacios y sus características, y el segundo definir los materiales según el catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación.



Figura 7. Lugar de la herramienta espacio. Fuente: propia

Para definir los espacios, se irá a la pestaña Analizar, grupo Espacios y zonas, herramienta Espacio. Si se desplaza el ratón por una habitación cerrada nos saldrá el aspa de Espacio, pero antes de hacer el segundo clic hay que revisar que en la cinta verde esté bien seleccionado el límite superior en el primer desplegable, Desfase de 0,00 y espacio Nuevo. Este paso es muy importante ya que al salir de la herramienta y se vuelva a acceder, estarán las alturas cambiadas, por lo que daría resultados erróneos al contabilizar más volumen de aire.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA



Figura 8. Lugar de la herramienta separador de espacio. Fuente: propia

Es posible que haya espacios que no estén delimitados por muro, por lo que contaremos con la herramienta de Separador de espacio en las escaleras para diferenciar entre escalera y distribuidor. Su uso es similar al de partición virtual en CYPECAD MEP. Hay que tener en cuenta que en Revit se diferencia entre las Habitaciones, que son las superficies útiles definidas arquitectónicamente y los espacios, que son los volúmenes de cálculo.

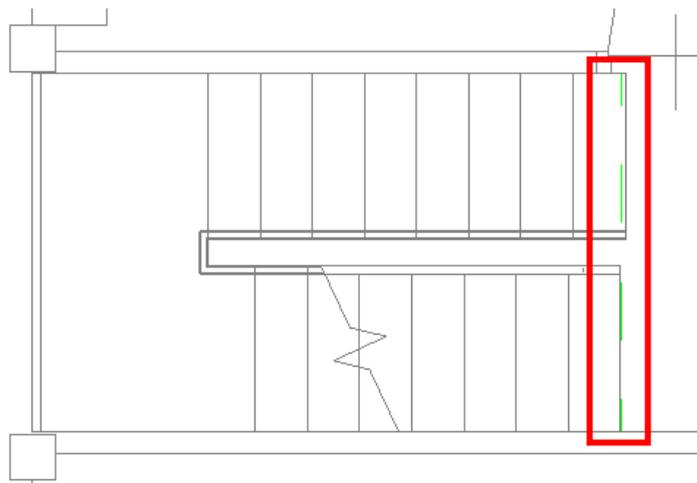


Figura 9. Colocación del separador de espacio. Fuente: propia

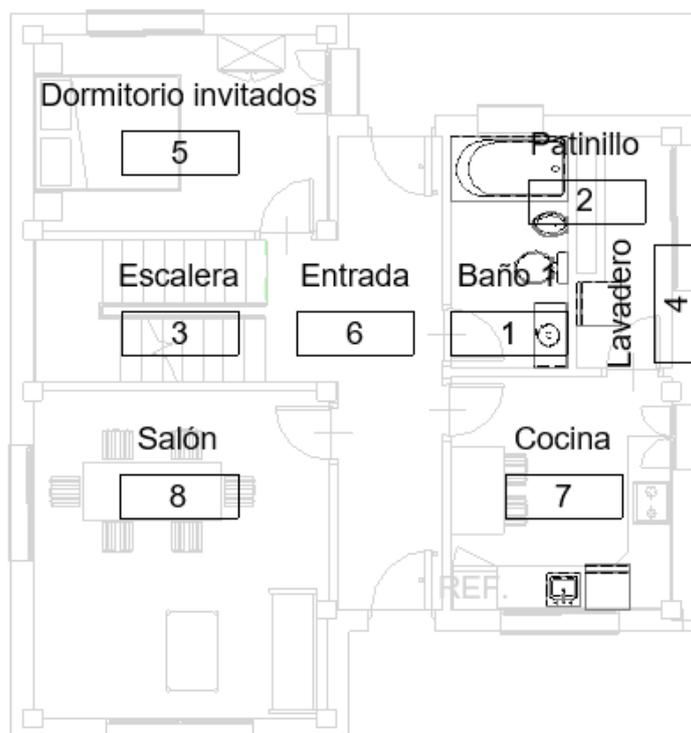


Figura 10. Espacios de planta baja colocados y nombrados. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

También será necesario definir los espacios de falso techo, ya que aunque no sea una superficie útil propiamente dicha, sí que es un volumen que afecta a los cálculos térmicos.



Figura 11. Espacios de falsos techos de planta baja colocados y nombrados. Fuente: propia

En la Planta Primera se procederá de la misma forma que en la Planta Baja, en primer lugar, colocando el separador de habitación en las escalera y posteriormente los espacios.

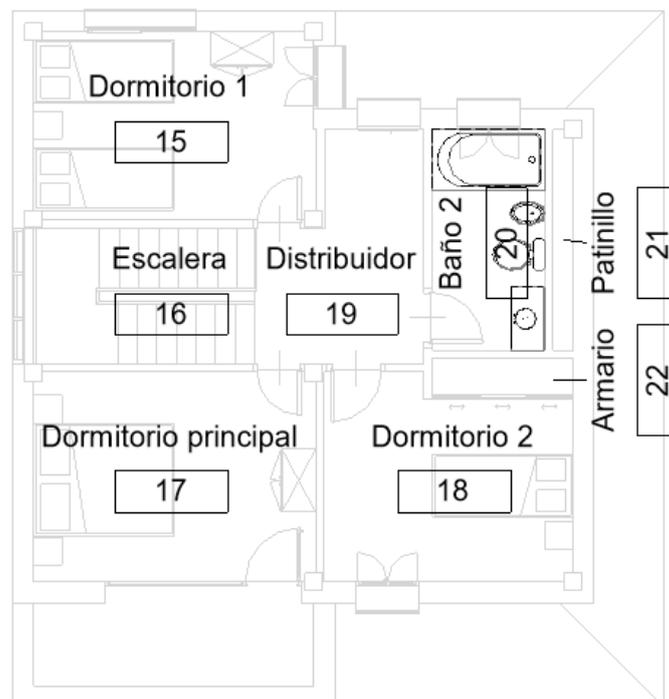


Figura 12. Espacios de planta primera colocados y nombrados. Fuente: propia

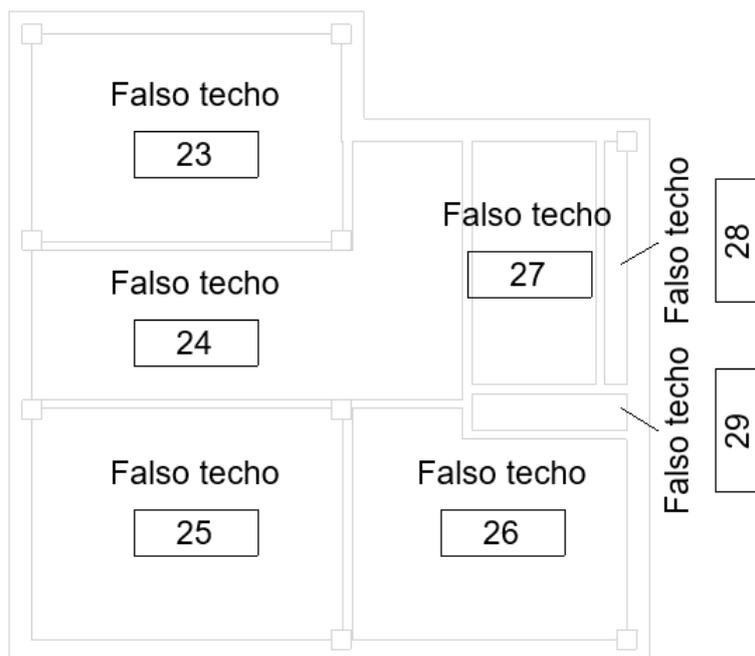


Figura 13. Espacios de falso techo de planta primera colocados y nombrados. Fuente: propia

Al acceder a una sección se observará que los espacios ocupables y los plénium, están correctamente colocados, aunque tendremos que corregir los espacios de escaleras y de patinillo. Se puede ver en la imagen inferior que el espacio de falso techo y su espacio inferior están separados por el propio falso techo.

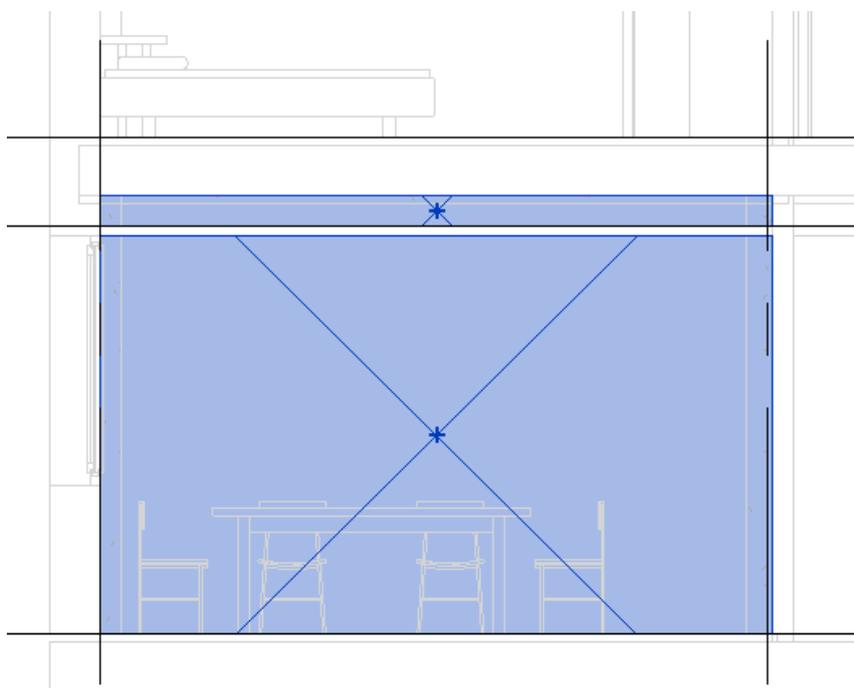


Figura 14. Espacios habitables y espacios de falso techo separados por el propio falso techo. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Al seleccionar los espacios desde una sección, se verá que no llegan hasta el espacio inmediatamente superior, cosa que no debe suceder en estos casos ya que no hay forjado ningún falso techo entre ellos.

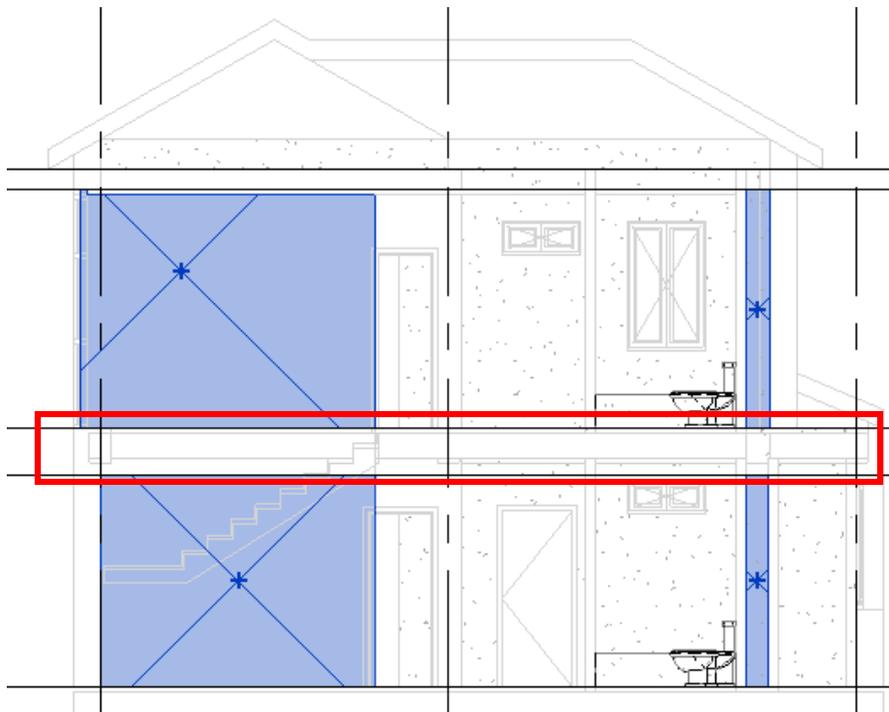


Figura 15. Espacios de escalera y patinillo sin corregir. Al no existir falso techo o forjados, éstos deben llegar a la cara inferior del espacio inmediatamente superior. Fuente: propia

Se deberán seleccionar únicamente los espacios de la planta inferior e indicar como Límite superior 01 Planta primera.

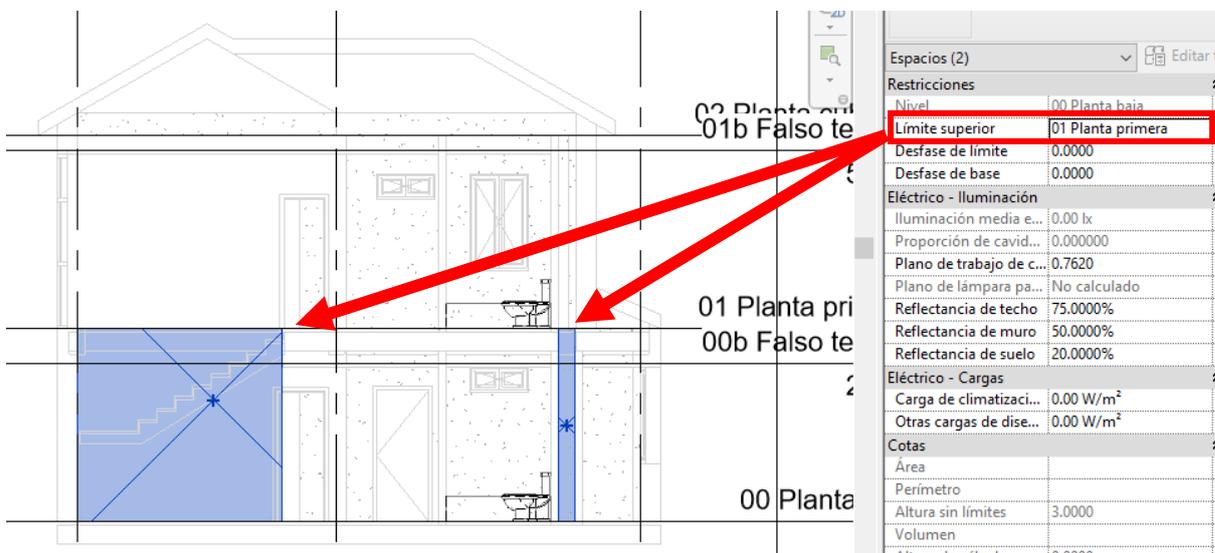


Figura 16. Espacios corregidos para que lleguen hasta el nivel superior, es decir la cara inferior del espacio inmediatamente superior. Fuente: propia

Por último, también se deben agrupar los espacios en zonas de climatización. Las zonas de climatización son, como criterio general, conjuntos de espacios que mantendrán los mismos niveles de calefacción, refrigeración, control de humedad o la combinación de todos o alguno de ellos y que están controlados por un mismo o por varios equipos.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Además de esto, los espacios no habitables y que no estén climatizados deberán estar en una zona propia.

En este caso se creará una zona de climatización para las estancias vivideras de planta baja y planta primera, otra para el patinillo (no se considera plénum de falso techo ni como local con ocupación) y otro para los falsos techos.

Para acceder a la herramienta zonas, se debe hacer click en la pestaña Analizar, grupo Espacios y zonas, herramienta Zona.

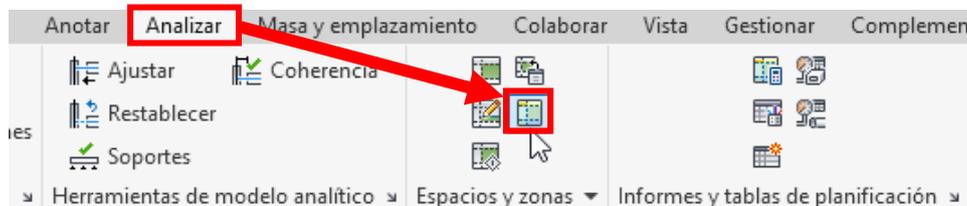


Figura 17. Localización de la herramienta Zona. Fuente: propia

Se hará click en la cruceta de cada uno de los espacios de las zonas vivideras de planta baja, de la misma forma que si se quisiera seleccionar uno de ellos. Se puede observar que irá apareciendo una línea negra bordeando los espacios.



Figura 18. Proceso de selección de los espacios de planta baja para crear la zona. Fuente: propia

Ahora se deberá acceder a la vista de planta primera y seleccionar los espacios correspondientes a ese nivel, en esta ocasión, y antes de nada, se debe hacer click en la herramienta Añadir espacio.



Figura 19. Proceso de selección de los espacios de planta primera para crear la zona. Fuente: propia

A continuación se realizará la misma acción para crear una zona para todos los espacios de falso techo de la misma forma que se hizo para los espacios habitables de planta baja y de planta primera, definiendo los datos necesarios dentro de los espacios, como son la ocupación, potencia de equipamientos y de iluminación, etc.

Para ello, se hará una tabla de planificación de espacios, lo que facilitará la tarea a la hora de editar múltiples espacios. Se definirán los falsos techos como Plénum y a los patinillos se les desactivará la opción de ocupable. En Revit, hay que recordar que el resultado que salga del cálculo de demanda de calefacción y refrigeración, es un resultado que no tiene en cuenta aspectos como los puentes térmico o la resistencia térmica superficial de los elementos, por lo que su visto bueno como valores aptos para el diseño dependerá del proyectista, y será bajo su responsabilidad el buen comportamiento de la instalación y la aceptación de los resultados.

Para crear la tabla de planificación se hará click derecho en Tablas de planificación/Cantidades, y se le dará a Nueva Tabla de planificación/Cantidades.

En la ventana que se abre, se hará click en Espacios para seleccionar la categoría correspondiente, en Fase se dejará la que trae por defecto y se le da a Aceptar.

Análisis energético	
Zona	Espacios ocupables
Plénum	<input type="checkbox"/>
Ocupable	<input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de acondiciona...	Calentado y enfriado
Tipo de espacio	<Edificio>
Tipo de construcción	<Edificio>
Personas	Editar...
Cargas eléctricas	Editar...
Información de aire e...	De tipo de espacio
Aire exterior por pers...	2.36 L/s
Aire exterior por área	0.30 L/(s·m ²)
Renovaciones de aire ...	0.000000
Método de aire exterior	por personas y por área
Carga de calefacción ...	No calculado
Carga de calefacción ...	0.00 W
Carga de refrigeració...	No calculado
Carga de refrigeració...	0.00 W

Figura 20. Paleta de propiedades de espacios. Fuente: propia

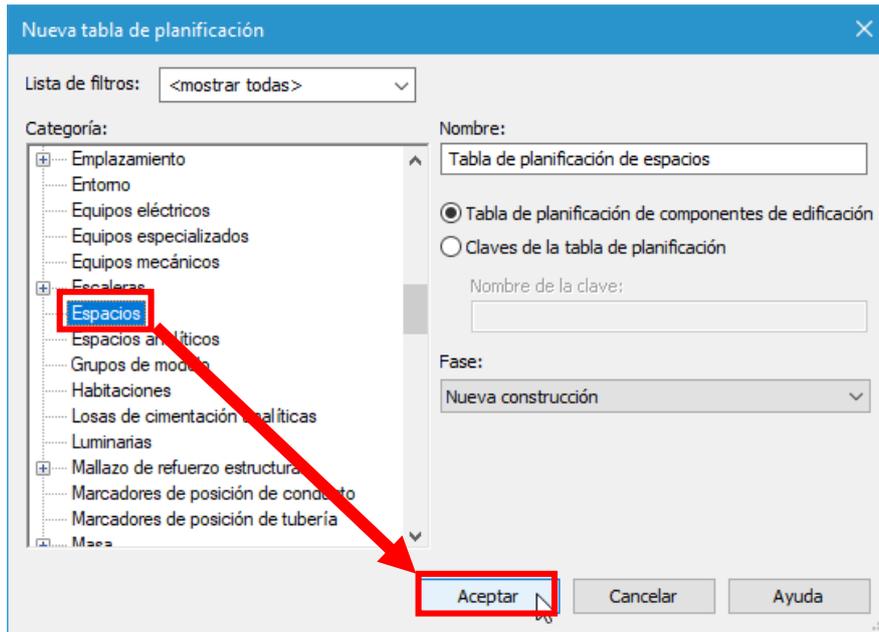


Figura 21. Se selecciona la categoría espacios ya que si se quiere que salgan los espacios en la tabla. Fuente: propia

En Campos se pueden seleccionar Nombre, Plénium, Ocupable, Tipo de acondicionamiento, Tipo de espacios, Tipo de construcción, Número de personas y le damos a Aceptar, de esta forma, se elige qué información interesa mostrar de cada espacio. El resto de parámetros, hay que cambiarlos posteriormente desde la Paleta de propiedades.

El primer paso será activar las casillas de Plénium en todos los Espacios que se llamen falso techo uno a uno ya que no permite seleccionar varios a la vez para activarlos de golpe. También se desactivará la casilla de patinillo en el parámetro Ocupable. Ésta parte de la tabla quedará como se puede ver en la imagen adjunta.

En la columna Ocupable nos irá apareciendo la palabra “No” automáticamente al activar la casilla de Plénium correspondiente. Esto se debe a que Revit entiende automáticamente que el espacios de falso techo no será habitable.

	A	B	C
	Nombre	Plénium	Ocupable
Baño 1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Patinillo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Escalera		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lavadero		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dormitorio invitado		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Entrada		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cocina		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Salón		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Dormitorio 1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Escalera		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dormitorio principal		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dormitorio 2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Distribuidor		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Baño 2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Patinillo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Armario		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No
Falso techo		<input checked="" type="checkbox"/>	No

Figura 22. Parte de la tabla que se creó. Se puede ver que ya está editada según las indicaciones dadas. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

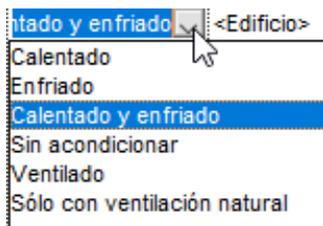


Figura 23. Opciones de acondicionamiento en los espacios. Fuente: propia

En el parámetro Tipo de acondicionamiento, se puede indicar si el espacio sea sólo calentado, solo enfriado, climatizado (calentado y enfriado), sin acondicionar, si será ventilado (con ventilación forzada) o si lo será con ventilación natural. En nuestro caso se seleccionará para todos los espacios ventilación natural excepto en los patinillos que será sin acondicionar. Los espacios de falsos techos ya toman el valor sin acondicionar automáticamente al haber seleccionado Plénium.

Posteriormente hay que editar que tipo de espacios se tratan. En la siguiente captura de pantalla, veremos que aquí estableceremos el perfil de uso definido en el Apéndice C del DB HE 1: ocupación por horas, cargas de iluminación y de equipos, etc. A la izquierda se encuentra una lista que nos permite tener guardados los diferentes valores para poder aplicárselo a distintos espacios. En este caso se aplicará el criterios del DB HS3 para diferenciar los espacios: Dormitorio principal, Resto de dormitorios, Salas de estar y comedores y locales húmedos.

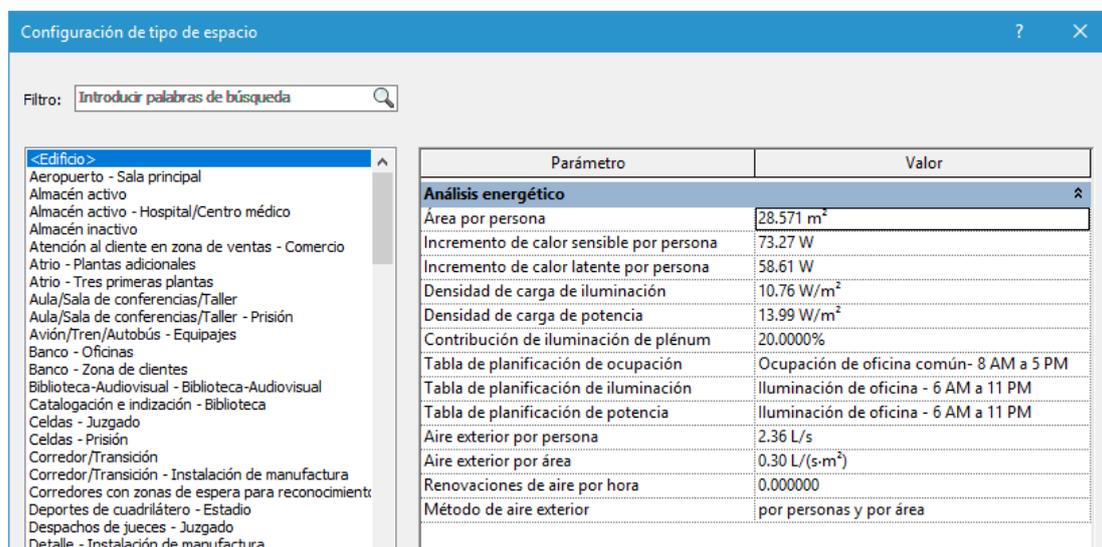


Figura 24. Ventana de configuración de tipo de espacio con las opciones por defecto. Fuente: propia

- Área por persona: éste valor se obviaré debido a que más adelante podremos definirlo nosotros sin que sea en función del área.
- Incremento de valor sensible por persona e incremento de calor latente por persona: estos dos parámetros obligan a tener, para cada espacio, un valor distinto (y por lo tanto un tipo de espacio distinto) por cada habitación debido a que cada una de ellas tendrá valores distintos de superficie. Esto se debe a que en el CTE el calor sensible viene dado en función de la superficie, mientras que en Revit es en función de la ocupación.

Los valores que se adoptarán, por lo tanto, serán el resultado de los cálculos que quedan reflejados en la siguiente tabla:

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Nombre espacio	Área (m2)	Ocupación	Calor sensible según CTE (W/m2)	Calor latente según CTE (W/m2)	Área x C. sensible (W)	Área x C. latente (W)	C. Sensible por persona (W/pers.)	C. Latente por persona (W/pers.)
Baño 1	5,10	7	2,15	1,36	10,97	6,94	1,57	0,99
Patinillo	0,49	0						
Escalera	6,14	0						
Lavadero	3,29	1	2,15	1,36	7,07	4,47	7,07	4,47
Dormitorio invitados	10,79	2	2,15	1,36	23,20	14,67	11,60	7,34
Entrada	11,16	0						
Cocina	9,56	7	2,15	1,36	20,55	13,00	2,94	1,86
Salón	18,05	7	2,15	1,36	38,81	24,55	5,54	3,51
Falso techo	10,79	0						
Falso techo	18,05	0						
Falso techo	9,56	0						
Falso techo	11,15	0						
Falso techo	5,10	0						
Falso techo	3,29	0						
Dormitorio 1	10,79	2	2,15	1,36	23,20	14,67	11,60	7,34
Escalera	6,56	0						
Dormitorio principal	12,10	2	2,15	1,36	26,02	16,46	13,01	8,23
Dormitorio 2	9,84	1	2,15	1,36	21,16	13,38	21,16	13,38
Distribuidor	6,71	0						
Baño 2	5,10	7	2,15	1,36	10,97	6,94	1,57	0,99
Patinillo	0,88	0						
Armario	0,94	0						
Falso techo	10,79	0						
Falso techo	12,83	0						
Falso techo	12,10	0						
Falso techo	9,84	0						
Falso techo	5,10	0						
Falso techo	0,88	0						
Falso techo	0,94	0						

Figura 25. Tabla del cálculo de calor sensible y calor latente para adaptar los valores del CTE a los que introduciremos en Revit, que serán los de las últimas dos columnas. Fuente: propia

Hay que crear 7 tipos de espacio distintos, uno por cada espacio que tenga los mismos valores de calor sensible y latente.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- Densidad de carga de iluminación: se establecerá en 4,40 W/m² como valor máximo diario.¹
- Densidad de carga de potencia: se establecerá en 4,40 W/m² como valor máximo diario.¹
- Contribución de iluminación de plénum: se trata de qué porcentaje de calor generado por la iluminación es traspasado al plénum. En este caso quedará establecido el valor por defecto del 20%.
- Tabla de planificación de ocupación: Se trata de qué porcentaje de ocupación hay a lo largo del día los valores se deducen del perfil de uso del DB HE 1.

Ocupación sensible (W/m²)

Laboral	2,15	0,54	0,54	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

Ocupación latente (W/m²)

Laboral	1,36	0,34	0,34	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

Figura 26. Extracto de la tabla de perfil de uso del DB HE 1. Fuente: Apéndice C del CTE DB HE 1

Se puede observar que los valores varían según las horas del día. El máximo valor corresponde a 2,15, que se puede suponer que corresponde a la ocupación completa. 1,08 es aproximadamente la mitad del valor de ocupación máxima y 0,54 un cuarto de la máxima. Con estos valores la tabla de ocupación queda definida de la siguiente forma:

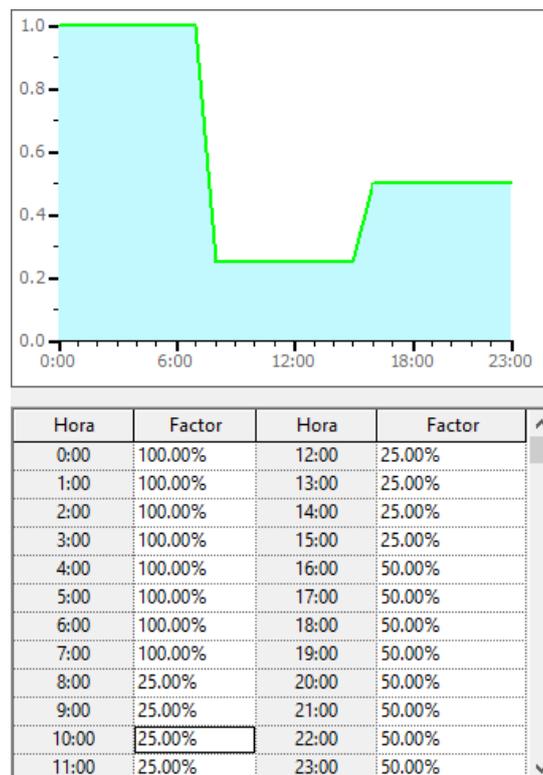


Figura 27. Tabla de ocupación. Fuente: propia

¹ Según apartado C.1 del Apéndice C del CTE DB HE1

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- Tablas de planificación de iluminación y potencia: Se trata de qué porcentaje de utilización tienen los valores de densidad de carga de iluminación y de potencia, en este caso los dos serán iguales según se deduce en el perfil de uso del DB HE 1.

Iluminación (W/m²)							
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,20	4,40	2,2
Equipos (W/m²)							
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,20	4,40	2,2

Figura 28. Extracto de la tabla de perfil de uso del DB HE 1. Fuente: Apéndice C del CTE DB HE 1

De esta tabla se extrae que el valor de utilización máxima es de 4,40 (100%), 2,20 supone el 50%, 1,32 el 30% y 0,44 el 10%.

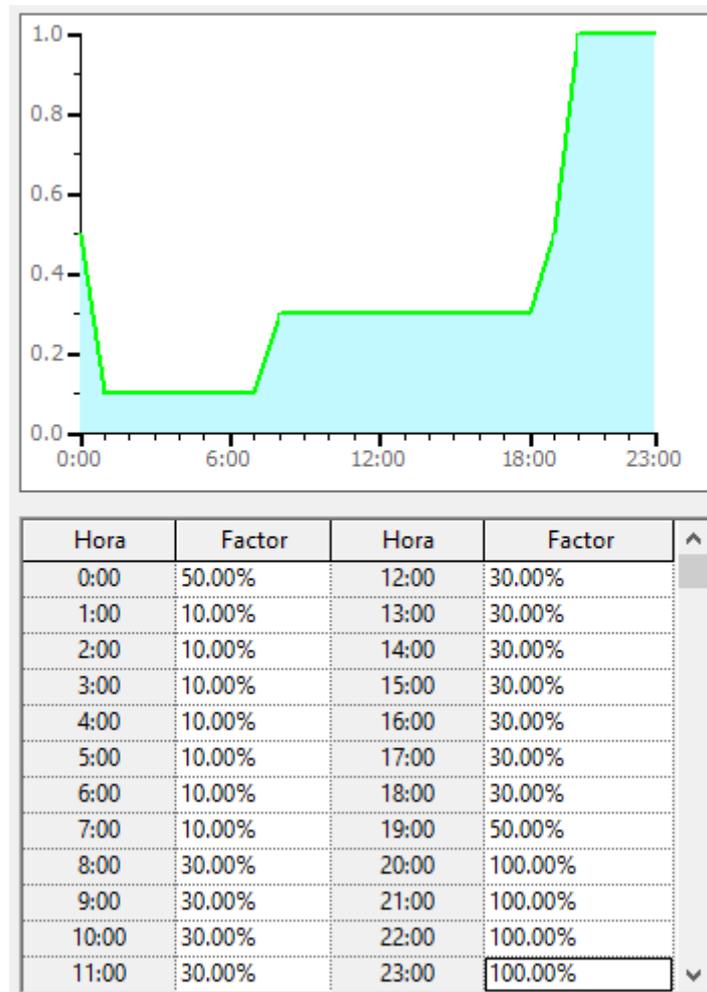


Figura 29. Tabla de utilización de equipamiento e iluminación. Fuente: propia

- Aire exterior por persona, por área y renovaciones de aire por hora: En realidad no es necesario cubrir todos los valores, sino que es posible elegir uno para realizar el cálculo con ése. Se utilizará el de Aire exterior por persona. Como en el DB HS3 queda definido según el método de ventilación de caudal constante, el caudal será independiente de la superficie y de la ocupación. Para éste caso se definirá, según el tipo de espacio, como en la siguiente tabla:

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Nombre espacio	Área (m ²)	Ocupación	Q (l/s)	Q por persona (l/s)
Baño 1	5,10	7	8,25	1,18
Patinillo	0,49	0		
Escalera2	6,14	0		
Lavadero	3,29	1	8,25	8,25
Dormitorio invitados	10,79	2	4,00	2,00
Entrada	11,16	0		
Cocina	9,56	7	8,25	1,18
Salón	18,05	7	10,00	1,43
Falso techo	10,79	0		
Falso techo	18,05	0		
Falso techo	9,56	0		
Falso techo	11,15	0		
Falso techo	5,10	0		
Falso techo	3,29	0		
Dormitorio 1	10,79	2	4,00	2,00
Escalera	6,56	0		
Dormitorio principal	12,10	2	8,00	4,00
Dormitorio 2	9,84	1	4,00	4,00
Distribuidor	6,71	0		
Baño 2	5,10	7	8,25	1,18
Patinillo	0,88	0		
Armario	0,94	0		
Falso techo	10,79	0		
Falso techo	12,83	0		
Falso techo	12,10	0		
Falso techo	9,84	0		
Falso techo	5,10	0		
Falso techo	0,88	0		
Falso techo	0,94	0		

Figura 30. Tabla del cálculo de ventilación para adaptar los valores del CTE a los que introduciremos en Revit, que serán los de la última columna. Fuente: propia

- Método de aire exterior: aquí se selecciona cuál de las tres casillas anteriores se quiere utilizar, en este caso: Máx (por personas y por área) lo cual hará que Revit elija el valor de los dos que sea mayor. En nuestro caso si se pone que el aire exterior por área es 0, quedará asegurado que Revit elija siempre Aire exterior por persona.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Análisis energético	
Área por persona	18.581 m ²
Incremento de calor sensible por persona	13.01 W
Incremento de calor latente por persona	8.23 W
Densidad de carga de iluminación	4.40 W/m ²
Densidad de carga de potencia	4.40 W/m ²
Contribución de iluminación de plénum	20.0000%
Tabla de planificación de ocupación	_CTE - Ocupación
Tabla de planificación de iluminación	_CTE - Iluminacion y equipamiento
Tabla de planificación de potencia	_CTE - Iluminacion y equipamiento
Aire exterior por persona	4.00 L/s
Aire exterior por área	0.00 L/(s·m ²)
Renovaciones de aire por hora	0.000000
Método de aire exterior	Máx(por personas, por área)

Figura 31. Ejemplo de datos volcados para el Dormitorio principal. Fuente: propia

Volviendo a los parámetros, se puede editar el “Tipo de construcción”, donde quedará todo desactivado. De esta forma, al dejar la casilla modificación desactivado, los valores de transmitancia que tomarán los elementos serán los de los materiales definidos en el proyecto y no los especificados en la columna “Construcción analítica”.

Categoría	Modificación	Construcción analítica
Cubiertas	<input type="checkbox"/>	Hormigón ligero de 4 pulg (U=1.2750 W/(m ² ·K))
Muros exteriores	<input type="checkbox"/>	Bloque de hormigón ligero de 8 pulg (U=0.8108 W/(m ² ·K))
Muros interiores	<input type="checkbox"/>	Partición de marco con tablón de yeso de 3/4 pulg (U=1.4733 W/(m ² ·K))
Techos	<input type="checkbox"/>	Techo de hormigón ligero de 8 pulg (U=1.3610 W/(m ² ·K))
Suelos	<input type="checkbox"/>	Suelo pasivo, sin aislamiento, baldosa o vinilo (U=2.9582 W/(m ² ·K))
Losas	<input type="checkbox"/>	Sólido sin aislamiento (U=0.7059 W/(m ² ·K))
Puertas	<input type="checkbox"/>	Metal (U=3.7021 W/(m ² ·K))
Ventanas exteriores	<input type="checkbox"/>	Ventanas grandes con cristalera doble (revestimiento reflectante) - industrial (U=2.921)
Ventanas interiores	<input type="checkbox"/>	Ventanas grandes con cristalera simple (U=3.6898 W/(m ² ·K), SHGC=0.86)
Claraboyas	<input type="checkbox"/>	Ventanas grandes con cristalera doble (revestimiento reflectante) - industrial (U=3.195)

Figura 32. Ventana de edición de tipo de construcción, donde se dejarán todas las opciones desactivadas. Fuente: propia

El siguiente parámetro editable es el de ocupación, donde se puede marcar en el primer desplegable el valor especificado, para introducir posteriormente la ocupación prevista por zona.

Figura 33. Ventana donde se indica la ocupación prevista para el espacio. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Por último, en cuanto a zonas y espacios, hay que definir las temperaturas de consigna de calefacción y refrigeración. Se puede observar que no tenemos más opción que dejar una temperatura constante para una y para otra, ya que no existe opción de realizarlo por horas.

Figura 34. Ejemplo de temperatura de consigna para refrigeración. Fuente: propia

Por último, antes de realizar el cálculo, se deben definir las transmitancias de los materiales según la biblioteca de elementos constructivos del CTE. En este trabajo académico se cambiarán todos los materiales definidos en el modelo para que sus datos coincidan con los del CTE, aunque sólo se describirá el proceso con uno de ellos ya que resulta un trabajo repetitivo e igual para el resto.

Ladrillo perforado LP						
½ pie	40 ≤ G ≤ 60	115 ó 130	1140	0,18	1000	10
	60 < G ≤ 80	115 ó 130	1020	0,21	1000	10
	80 < G ≤ 100	115 ó 130	900	0,23	1000	10

Figura 35. Extracto de la tabla 3.17.1, donde se ven los datos del ladrillo perforado. Fuente: Catálogo de elementos constructivos del CTE.

Figura 36. Material de ladrillo perforado creado con los datos de la biblioteca de elementos constructivos del CTE. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Una vez definido la totalidad del muro de fachada con los materiales del catálogo, da como resultado una resistencia térmica de $1,9972 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$, equivalente a una transmitancia de $0,50 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$.

Resistencia (R): 2.8272 (m²·K)/W
Masa térmica: 21.77 kJ/K

Capas

CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
1	Contorno del nú	Capas de envolv	0.0000		
2	Acabado 1 [4]	Enlucido	0.0150	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Estructura [1]	Ladrillo perfor	0.1150	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Capa térmica/de	XPS CO2	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Capa térmica/de	Aire	0.0250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Estructura [1]	LHD 8 cm	0.0800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Acabado 1 [4]	Enlucido	0.0150	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Contorno del nú	Capas de envolv	0.0000		

CARA INTERIOR

Figura 37. Composición del muro de fachada en Revit. Fuente: propia

Si hacemos esta misma comprobación en cualquier otro programa, veremos que el resultado es de $0,48 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$. Esto se debe a que Revit no tiene en cuenta la resistencia térmica superficial y aunque la diferencia no resulta demasiado grande en este caso, en otros, la diferencia es importante.

$U = 0.48 \text{ W/m}^2\text{K}$, $f_{R_{si}} = 0.88$, $f_{R_{si, \min}} = 0.61$
Localidad genérica [0]: $T_{\text{ext}} = 5.00^\circ\text{C}$, $HR_{\text{ext}} = 96.0\%$, Predefinido: $T_{\text{int}} = 20.00^\circ\text{C}$, $HR_{\text{int}} = 55.0\%$

Créditos	Capas	Gráfica	Informe		
Resistencia superficial exterior	Rse = 0.04	[m ² /K/W]			
Resistencia superficial exterior	Rsi = 0.13	[m ² /K/W]			
+	-	↑	↓		
Añadir	Quitar	Subir	Bajar		
nº	Nombre	e [m]	K [W/mK]	R [m ² K/W]	μ [
0	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.015	1.3000	0.0115	10
1	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0.115	0.5120	0.2246	10
2	XPS Expandido con dióxido de carbono CO3 [0.038 W/[mK]]	0.050	0.0380	1.3158	100
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0.025	-	0.1700	1
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0.080	0.4320	0.1852	10
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.015	1.3000	0.0115	10

Figura 38. La misma composición de muro en el programa "Condensaciones". Fuente: propia

Para definir la transmitancia de los huecos, en Revit es necesario editar un archivo de texto, ya que dentro del programa nos aparecerá una lista de ventanas o puertas bajo el parámetro "Construcción analítica". Esta lista se puede editar a través de un editor de texto y es necesario tener unos ligeros conocimientos de programación informática para no dejar el archivo inservible.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Para este caso, se elegirá la opción “Cristalera doble doméstica SC = 0.6”, que tiene una transmitancia de $3,1292 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ y un factor solar de 0,62. Posteriormente en ArchiCAD se elegirán estos mismos valores. Cabe destacar que se pongan los materiales que se pongan en las ventanas, Revit no los tendrá en cuenta, si no que realizará el cálculo según el valor de Construcción analítica que se hayan escogido.

Propiedades analíticas	
Transmitancia de luz visual	0.620000
Coefficiente de incremento de calor solar	0.620000
Coefficiente de transferencia de calor (U)	3.1292 W/(m ² ·K)
Construcción analítica	Cristalera doble doméstica SC = 0.6
Resistencia térmica (R)	0.3196 (m ² ·K)/W

Figura 39. Edición de tipo de ventana donde se elige la Construcción analítica. Fuente: propia

Para este caso, se elegirá la opción “De madera”, que tiene una transmitancia de $2,1944 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$.

Propiedades analíticas	
Transmitancia de luz visual	0.000000
Coefficiente de incremento de calor solar	0.000000
Coefficiente de transferencia de calor (U)	2.1944 W/(m ² ·K)
Construcción analítica	De madera
Resistencia térmica (R)	0.4557 (m ² ·K)/W

Figura 40. Edición de tipo de puerta donde se elige la Construcción analítica. Fuente: propia

Por último queda iniciar el cálculo, a través de la ventana de Cargas de Calefacción y refrigeración, en la pestaña Analizar.

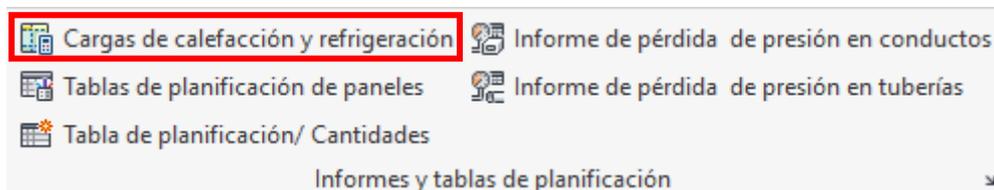


Figura 41. Icono de cargas de calefacción y refrigeración en Revit. Fuente: propia

A la hora de configurar el cálculo, se hará de la siguiente forma:

- Tipo de edificio: al tratarse de un edificio residencial se escogerá “Residencia”
- Ubicación: se elegirá como población para el cálculo A Coruña.
- Plano de suelo: se escogerá a qué cota se encuentra el terreno, aunque no se puede elegir tipo de terreno ni transmitancia ya que Revit no tiene en cuenta el terreno para el cálculo.²
- Fase de proyecto: no afecta para el cálculo más allá de que se pueden

Parámetro	Valor
Tipo de edificio	Residencia
Ubicación	43.343807220459, -8.409575
Plano de suelo	00 Planta baja
Fase de proyecto	Nueva construcción
Tolerancia de espacios estre	0.3048
Envolvente de edificio	Identificar elementos exterior
Tamaño de celda de rejilla a	0.9144
Instalaciones del edificio	Calefacción central: radiador
Tipos esquemáticos	<Edificio>
Clase de infiltración de edific	Media
Tipo de informe	Detallado
Usar créditos de carga	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 42. Configuración final de cálculo. Fuente: propia

² El plano de suelo no afecta a los cálculos de cargas de calefacción y refrigeración.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

tener distintas hipótesis de cálculo en el caso de que se tenga un proyecto de rehabilitación o un proyecto por fases.

- Tolerancia de espacios estrechos: permite elegir a partir de qué dimensión Revit descarte en el cálculo cavidades o pequeños huecos. Se dejará la opción en 0,10 m.
- Envolvente de edificio: se elegirá siempre “Identificar elementos exteriores” ya que es la versión más reciente para el cálculo y que detecta automáticamente si los elementos constructivos son interiores o exteriores. La opción “Usar parámetro función” es una versión antigua que obliga a identificarlos manualmente.
- Tamaño de celda de rejilla analítica: Se especificará el tamaño de la rejilla de cubos que formarán la envolvente de cálculo para la identificación de elementos exteriores. Cuanto más pequeño sea el valor, más precisa será la identificación. Se introducirá 0,3048 m como valor más pequeño posible.
- Instalaciones del edificio: se escogerá el sistema de calefacción, refrigeración o climatización. En éste caso se usará calefacción central: radiadores.
- Tipos esquemáticos: quedará la opción por defecto, ya que se había especificado que use las transmitancias dadas por los materiales.
- Clase de infiltración de edificio: se puede escoger qué infiltración tendrá el edificio en función de la siguiente tabla:

Infiltración	Valor
Elevada	0,076 cfm/ft ²
Media	0,038 cfm/ft ²
Reducida	0,019 cfm/ft ²
Ninguno	0,00 cfm/ft ²

- Tipo de informe: Se elegirá el informe detallado, para que muestre toda la información.
- Usar créditos de carga: Siempre se activará ésta opción, ya que permite tener en cuenta la transmitancia de calefacción o refrigeración producida entre recintos interiores contiguos.

En la tabla de informe que nos genera después del cálculo, veremos que la demanda de calefacción anual es de 4.586 W y 3.541 W de refrigeración.

Resumen de construcción

Entradas	
Tipo de edificio	Residencia
Área (m ²)	118
Volumen (m ³)	302.58
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	3,541
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 9:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	3,477
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	64
Capacidad máxima de refrigeración (W)	3,588
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	241.3
Valor máximo de carga de calefacción (W)	4,586
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	227.3
Sumas de comprobación	

Figura 43. Extracto del informe de cálculo. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

En Revit no se calculan emisiones de CO₂, ni se tienen en cuenta los factores de paso de energía primaria para el cálculo, por lo que Revit en sí mismo no se puede utilizar como software alternativo a los documentos reconocidos para la certificación energética.

Investigando más dentro del programa, encontraremos otros dos aspectos muy importantes que Revit no tiene en cuenta para nada en los cálculos:

- Efecto de sombras arrojadas y autoarrojadas: No se tienen en cuenta el efecto de sombreamiento como una reducción de la ganancia solar a través de las ventanas, así si por ejemplo si existiese un hipotético muro enfrente del modelo hacia el sur, se observará que las ganancias a través de la ventana del salón se mantienen invariables.

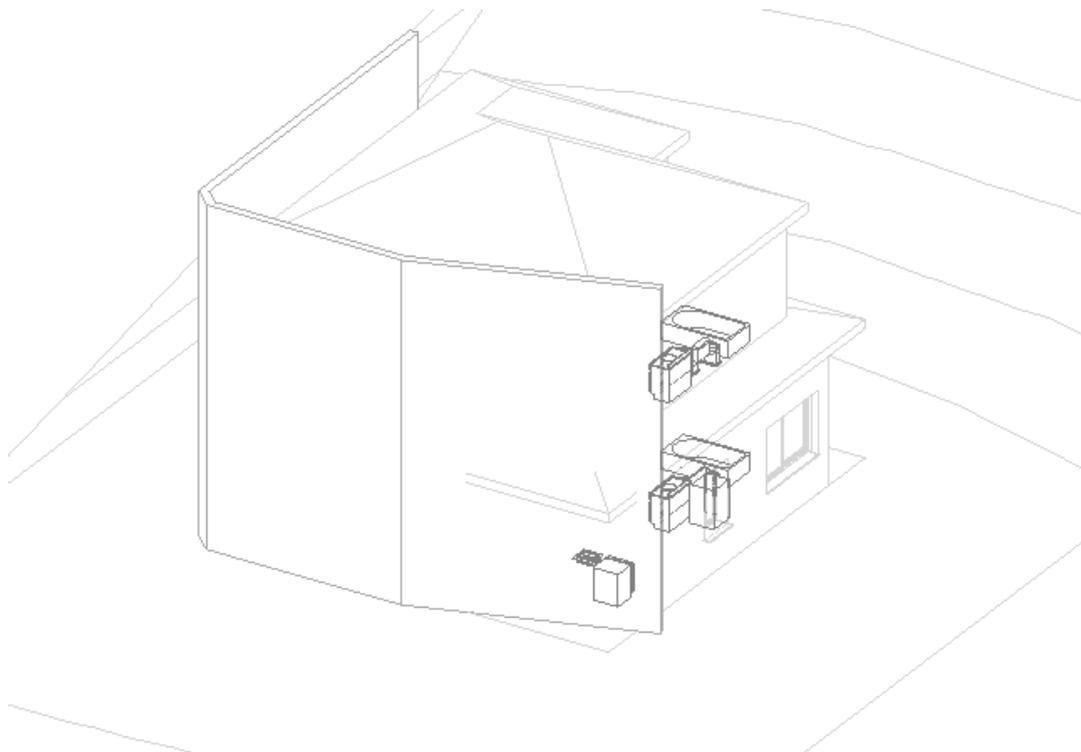


Figura 44. Modelo modificado con muros hacia la orientación sur de la vivienda. Fuente: propia

Cooling Components	Total (W)	Percentage
Muro	-1	-0.26%
Ventana	348	62.61%

Figura 45. Extracto del resultado de cálculo antes de colocar los muros en la orientación sur. Fuente: propia.

Se puede observar que a pesar de tapar la ventana sur con un muro de 8 metros de altura, la ganancia solar sigue siendo la misma.

Cooling Components	Total (W)	Percentage
Muro	-1	-0.26%
Ventana	348	62.61%

Figura 46. Extracto del resultado de cálculo después de colocar los muros en la orientación sur. Fuente: propia.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

- Puentes térmicos: Para Demostrar esto, se hará un volumen cerrado por cuatro muros de fachada, una losa de hormigón en la parte inferior y una losa aislada en la superior cortada por los muros de fachada en los bordes. Después se volverá a hacer el mismo cálculo dejando que la losa superior aislada llegue hasta el borde de fachada, haciendo el canto visto.

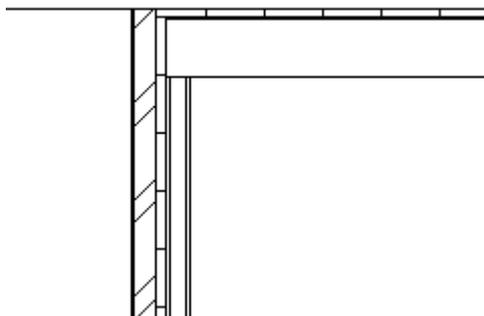


Figura 47. Sección con la primera hipótesis, rompiendo el puente térmico. Fuente: propia

Con ésta primera hipótesis, vemos que la demanda de calefacción es de 2.268 W

Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	1,779
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	1,514
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	265
Capacidad máxima de refrigeración (W)	1,779
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	76.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	2,268
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	88.3
Sumas de comprobación	

Figura 48. Resultado con la primera hipótesis. Fuente: propia

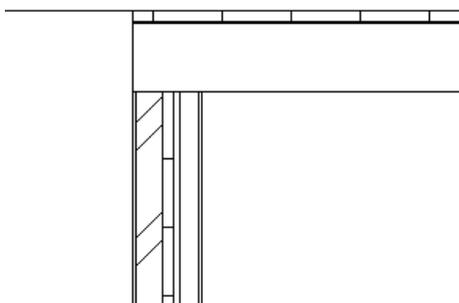


Figura 49. Sección con la segunda hipótesis, sin romper el puente térmico. Fuente: propia

Con la segunda, el resultado es exactamente el mismo con una demanda de calefacción de 2.268 W

Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	1,779
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	1,514
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	265
Capacidad máxima de refrigeración (W)	1,779
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	76.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	2,268
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	88.3
Sumas de comprobación	

Figura 50. Resultado con la segunda hipótesis. Fuente: propia

6.1.2. ArchiCAD

En este apartado se expondrá como definir los datos expuestos en el documento de aceptación de procedimientos alternativos en Ecodesigner, herramienta de simulación energética incluida dentro del programa de modelado BIM ArchiCAD.

Lo primero que se hará es definir los perfiles de operación partiendo de la misma tabla del CTE DB HE que usamos en Revit. Se debe tener en cuenta que la ganancia de calor sensible y latente, que en Revit estaba definido por separado, se definen ambos de forma conjunta en ArchiCAD. Se aprovecharán los cálculos realizados en el momento en el que introducimos los datos en Revit en las Figuras 25 y 30 para introducirlos en ArchiCAD.

Así, empezando por el recinto de cocina, la suma de la ganancia calorífica da como resultado 4,80 W/persona. También se puede definir el consumo de agua caliente por persona, que será 28 l/día por persona según CTE y la carga de humedad, que lo dejaremos por defecto.

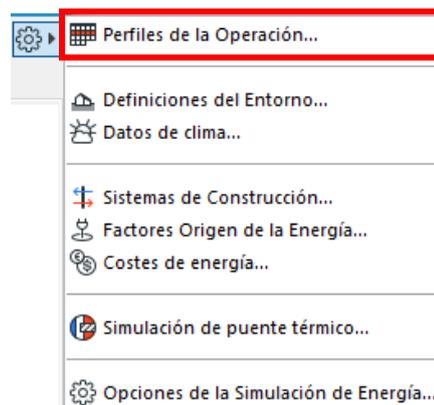


Figura 51. Localización de la herramienta Perfiles de Operación.
Fuente: propia

Ganancia calorífica:	4,80	W per cápita
Carga de Agua Caliente:	28,00	l/día per capita
Carga de Humedad:	10,00	gramos/día/ m ²

Figura 52. Datos de ganancia calorífica, ACS y carga de humedad. Fuente: propia

En este caso se puede observar que a diferencia de Revit podremos definir la estacionalidad de las cargas y tanto fines de semana como días festivos.

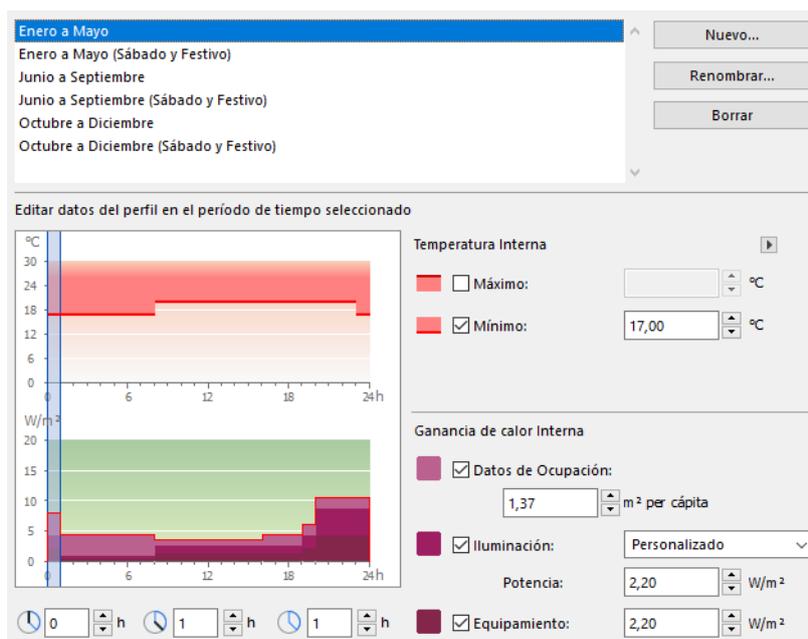


Figura 53. Configuración de ocupación, temperaturas y uso de iluminación y equipamiento en cocina.
Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Después de definir todos los perfiles de operación, en total ocho, se deben detallar los bloques térmicos del modelo. Un bloque térmico son agrupaciones de habitaciones con características de cálculo para la evaluación energética similares. Así, por ejemplo, en una vivienda unifamiliar, se pueden dividir los bloques térmicos según las cargas de cada habitación, mientras que en un edificio de viviendas es más recomendable hacer un bloque térmico por cada vivienda individual.

ID	Nombre	Perfil de Operación	Zonas	Área [m ²]	Volumen [m ³]
001	Baño 1 y 2	00 Baño 1 y 2	2	10,28	26,23
002	Cocina	01 Cocina	1	9,55	22,93
003	Dormitorio 2	02 Dormitorio 2	1	11,11	29,99
004	Dorm. invitados y Dorm. 1	03 Dorm. invitados y Dorm. 1	2	21,76	55,50
005	Dormitorio principal	04 Dormitorio principal	1	12,77	32,90
006	Lavadero	05 Lavadero	1	3,35	8,03
007	Salas de estar y comedores	06 Salas de estar y comedores	1	18,20	43,68
008	Pasillos	07 Pasillos	4	17,86	87,38
009	No acondicionados	No acondicionado	12	123,96	75,77

Figura 54. Los nueve bloques térmicos, con el perfil de operación de cada uno y el número de zonas asignadas. Fuente: propia

La siguiente opción a configurar, siguiendo el orden que nos da el programa, es la ubicación y entorno. Dentro de ésta ventana se divide principalmente en:

- Ubicación y clima: se definirán las coordenadas de A Coruña, lo que hará que el programa obtenga los datos climáticos automáticamente del servidor de Strusoft. También se pueden introducir archivos EPW con los datos climáticos que será lo que se haga en este caso. En el apartado siguiente se detallará como conseguir los archivos climáticos EPW.

- Terreno y alrededores: Se definirá el tipo de suelo y su transmitancia, así como en qué consiste el solado circundante (jardín, pavimentado, etc.). Por último también se definirá si hay elementos que protejan del viento, y en qué dirección, así como elementos que arrojen sombras.

Figura 55. Ventana de configuración de entorno. Fuente: propia

El siguiente apartado es el de instalaciones, que en ArchiCAD se llama Sistemas de construcción. Primero se establece un tipo de ventilación natural según la tabla del CTE DB HS 3 en función del tipo de estancia.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Por ejemplo, el Baño 1, el Lavadero, la Cocina y el Baño 2 tendrán una ventilación de 8,25 l/s. El Dormitorio de invitados, el Dormitorio 1 y el Dormitorio 2 tendrán 4,00 l/s, el salón 10,00 l/s y el Dormitorio principal 8,00 l/s. Es decir, se tendrán 4 tipos distintos de sistemas de construcción de ventilación. Habrá que configurarlo como ventilación natural.

Se deberán seleccionar el tipo “No especificado o Natural” y dentro del calendario de operativa definir las unidades como l/s y poner un caudal de suministro y residual de 8,25 l/s. Al colocar el mismo valor, se estará bajo la hipótesis de que estamos tratando con ventilación natural sin recuperación de calor.

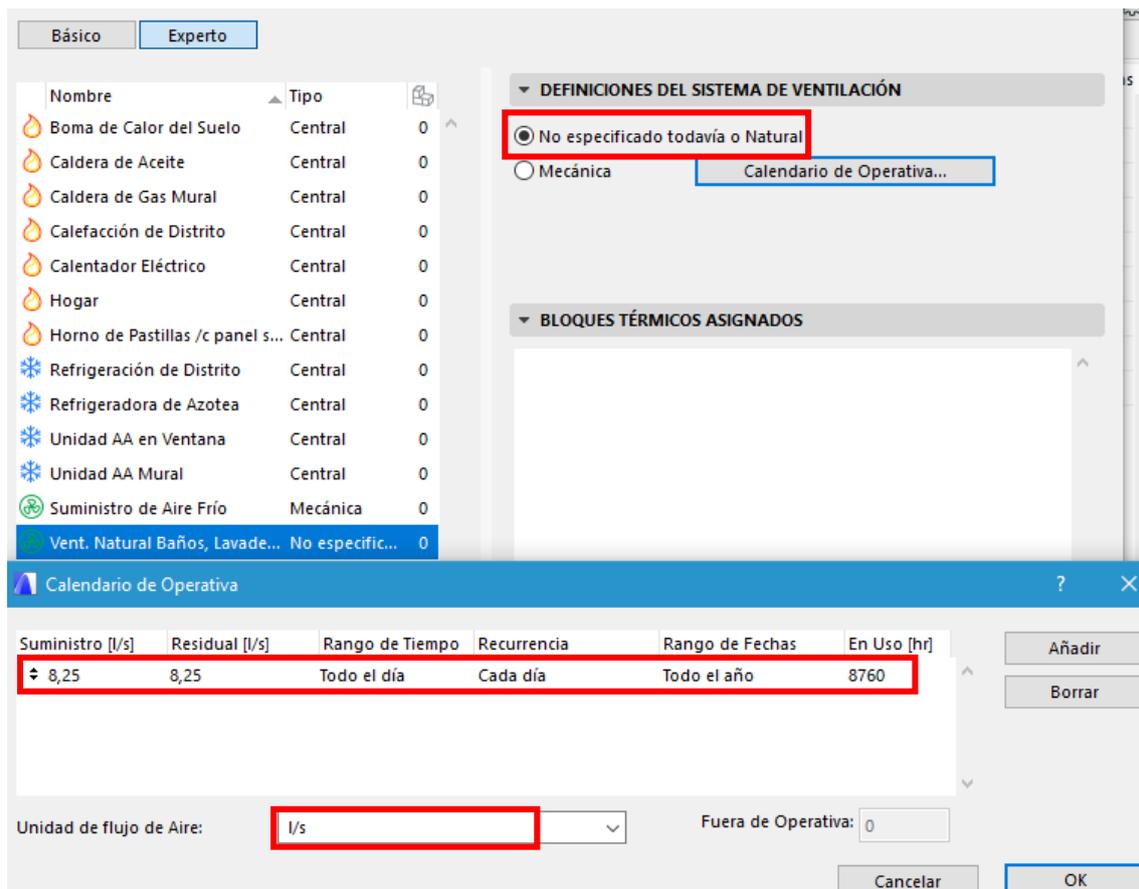


Figura 56. Procedimiento de configuración de uno de los sistemas de construcción de ventilación natural.
Fuente: propia

A los recintos habitables, se les añadirá también un calentador de gas natural para el agua caliente y la calefacción.

Figura 57. Definición de calentador. Fuente: propia

El siguiente paso es definir los factores de origen de la energía. Se pueden encontrar dichos datos en el documento publicado por el IDAE “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”.

En dicho documento, se menciona que sus datos están extraídos, para la electricidad, de los siguientes documentos:

- La Energía en España (documento elaborado por la Secretaría de Estado de Energía).
- Boletín Trimestral de Coyuntura Cuarto Trimestre para los años 2012 y 2013, que sirve de base para el informe “La energía en España 2012”.
- ORDEN ITC/3801/2008, de 26 de diciembre, por la que se revisan los valores de las pérdidas por transporte y distribución de energía eléctrica

En cuanto a combustibles, los datos se obtienen del informe “Well to tank Report – versión 4.0”, elaborado por el Joint Research Center (JRC) de la Unión Europea para extraer los coeficientes para factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de 14 combustibles. Este documento es un conjunto de estudios (la versión 4 es la última actualización de los coeficientes) elaborado en detalle y realizado por una entidad independiente, JRC, de reconocido prestigio a nivel europeo, especialmente por la Comisión Europea. (8)

También hay que obtener el porcentaje de procedencia de la electricidad, dato que podemos extraer del documento “Balance enerxético de Galicia 2015”, publicado por el INEGA. El objetivo de dicho documento es el de informar sobre el origen, autóctona o importada, de las distintas fuentes energéticas que se transforman en Galicia, y su

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

posterior distribución, comercialización y utilización como productos energéticos finales. (9).

En la siguiente imagen, se pueden ver los valores ya volcados en Ecodesigner de ArchiCAD.

Introducir factores del origen de energía:

Nombre Fuente	Energía Primaria	Emisión CO ₂ [kg/kWh]
Geotérmico	1,00	0,00
Gas Natural	1,20	0,25
Propano	1,20	0,25
Petróleo	1,18	0,31
Carbón	1,20	0,47
Energía Nuclear	1,00	0,00
Electricidad	2,37	0,24
Refrigeración d...	1,00	0,58
Calefacción de ...	1,00	0,30

La electricidad está producida desde:

Nombre Fuente	Proporción
Gas Natural	6%
Petróleo	3%
Carbón	37%
Energía Hidráulica	22%
Energía Eólica	29%
Madera	1%
Desconocido	2

Figura 58. Ventana de introducción de datos para los factores de origen de la energía y de emisiones. Fuente: propia

Por último, como configuración se deben introducir los precios de la energía, que fueron extraídos de distintos comercializadores y, en casos de gran disparidad, se hizo la media entre los valores, dando como resultado:

Unidad de moneda mostrada: EUR

Introduzca los precios de la energía obtenida:

	Precio	Unidad
Madera	2,2800	EUR/ kg
Bolita	0,2600	EUR/ kg
Gas Natural	0,0527	EUR/ kWh
Petróleo	0,9970	EUR/ l
Electricidad	0,1385	EUR/ kWh
Calefacción ...	0,0000	EUR/ kWh
Refrigeració...	0,0000	EUR/ kWh

Figura 59. Precios de la energía introducidos en la ventana correspondiente. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

El siguiente paso es configurar las ventanas y puertas para que tengan la misma o similar transmitancia que las introducidas en Revit, es decir: $3,1292 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$ y un factor solar de $0,62$ para las ventanas y $2,1944 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$ para las puertas.

Cabe destacar que no sólo se seleccionará la transmitancia de una lista, sino que podemos introducirla por separado para el marco y para el vidrio y también distintos valores importantes como la infiltración, el puente térmico perimetral y el factor solar. También se puede realizar un estudio solar para cada ventana que detallará la incidencia del sol por cada una de ellas dependiendo de las coordenadas del proyecto, la altura sobre el nivel del mar y la orientación

TST%	DST%	Análisis Solar	Perímetro [m]	Opaco Valor-U [...]	Vidriera Valor-...	Total Valor-U [W/m²K]	Valor Psi del Perím
61,00	51,00	<input checked="" type="checkbox"/> No hecho	Abrir Análisis...	,80	1,80	3,69	0,34
61,00	51,00	<input type="checkbox"/> No hecho	Recalcular	,80	1,80	3,69	0,34
61,00	51,00	<input type="checkbox"/> No hecho	3,05	1,80	1,80	3,82	0,34
61,00	51,00	<input type="checkbox"/> No hecho	3,08	1,80	1,80	3,78	0,34
61,00	51,00	<input type="checkbox"/> No hecho	3,17	1,80	1,80	3,68	0,34

Figura 60. Extracto de la configuración de ventanas del proyecto. Fuente: propia

Se pueden ver las ganancias solares, y observar que en verano hay menos incidencia solar directa debido a que el sol tiene un ángulo más alto.

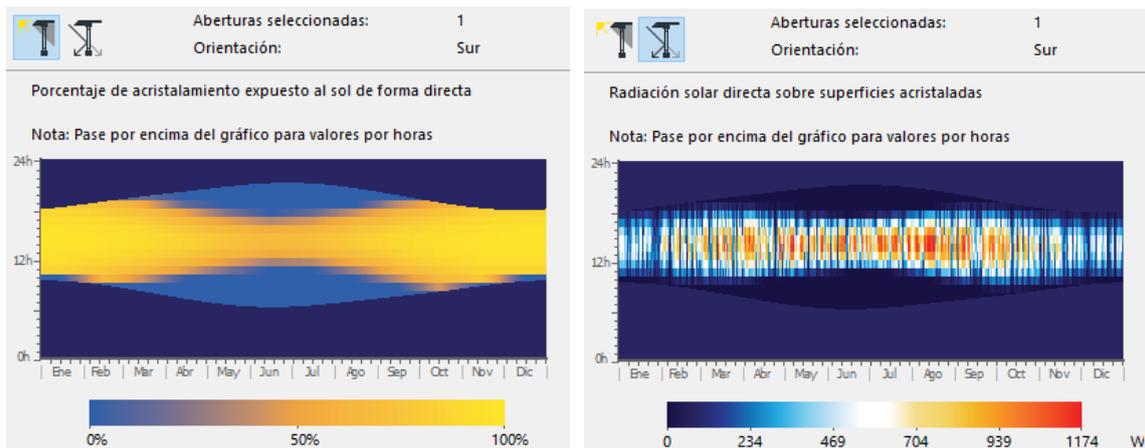


Figura 61. Porcentaje de acristalamiento expuesto de forma directa al sol y radiación solar directa sobre superficies acristaladas. Fuente: propia

Cabe destacar que el programa tiene en cuenta efectos como el de sombras autoarrojadas, no sólo de elementos sólidos permanentes, si no de vegetación, diferenciando entre árboles de hoja caduca y los de hoja perenne.

Se puede observar que con un árbol de hoja caduca en verano se produce una reducción generalizada del porcentaje de acristalamiento, así como una pequeña reducción en las horas centrales del día durante el resto del año.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

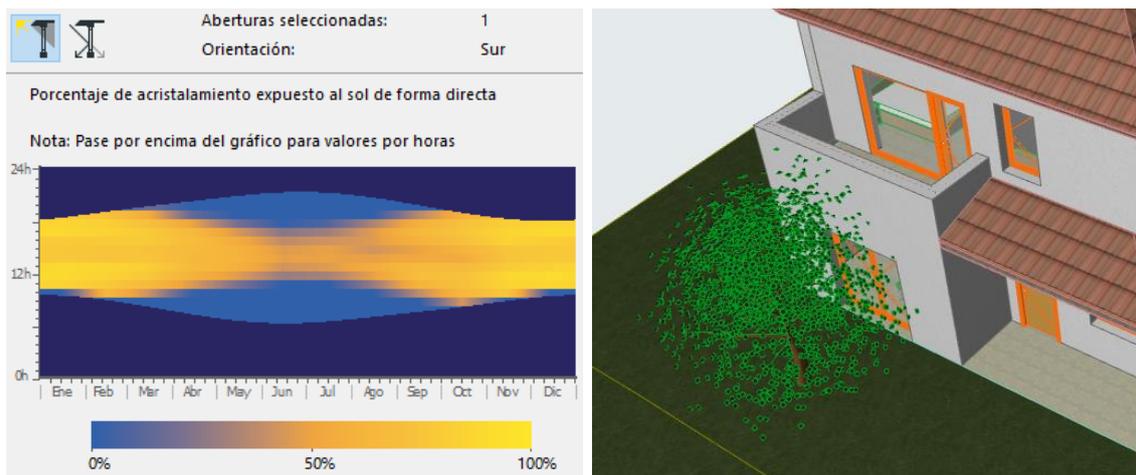


Figura 62. Efecto de un árbol de hoja caduca sobre la ventana orientada al sur del salón. Fuente: propia

Si ponemos un árbol de hoja perenne, veremos que durante todo el año tenemos sombra a partir del mediodía, es decir, cuando el sol está más alto mientras que en otros momentos del día, como el sol está más bajo y la copa no le afecta, deja pasar el sol.

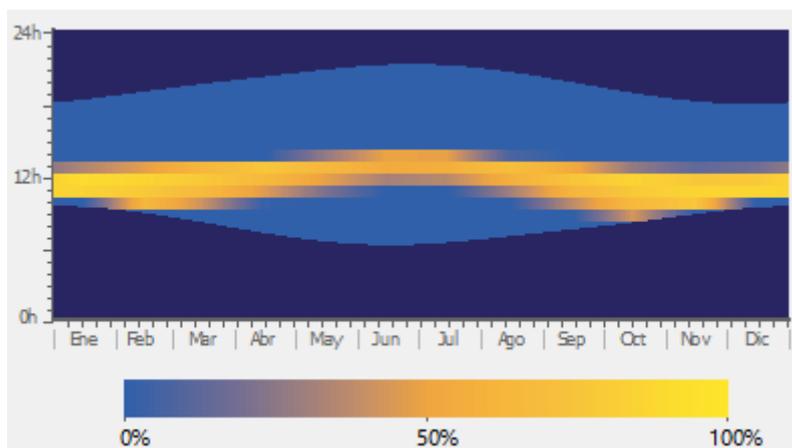


Figura 63. Efecto de un árbol de hoja perenne sobre la ventana orientada al sur del salón. Fuente: propia

El siguiente paso consiste en definir los materiales, sus transmitancias y características. Se puede acceder a la edición de los mismos a través de la pestaña Opciones, Atributos de elementos y Materiales de construcción. De la misma forma que en el apartado de Revit, solo se mostrará el proceso con uno de los materiales, ya que el proceso para todos ellos es idénticos y repetir el proceso con cada uno de ellos resultaría repetitivo.

En la imagen adjunta se puede ver que en la lista de la izquierda, todos los materiales que tienen como ID "CTE" fueron creados específicamente para este trabajo académico de acuerdo a la información proporcionada en el catálogo de elementos constructivos del CTE. En la esquina inferior derecha se pueden ver los datos editados.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

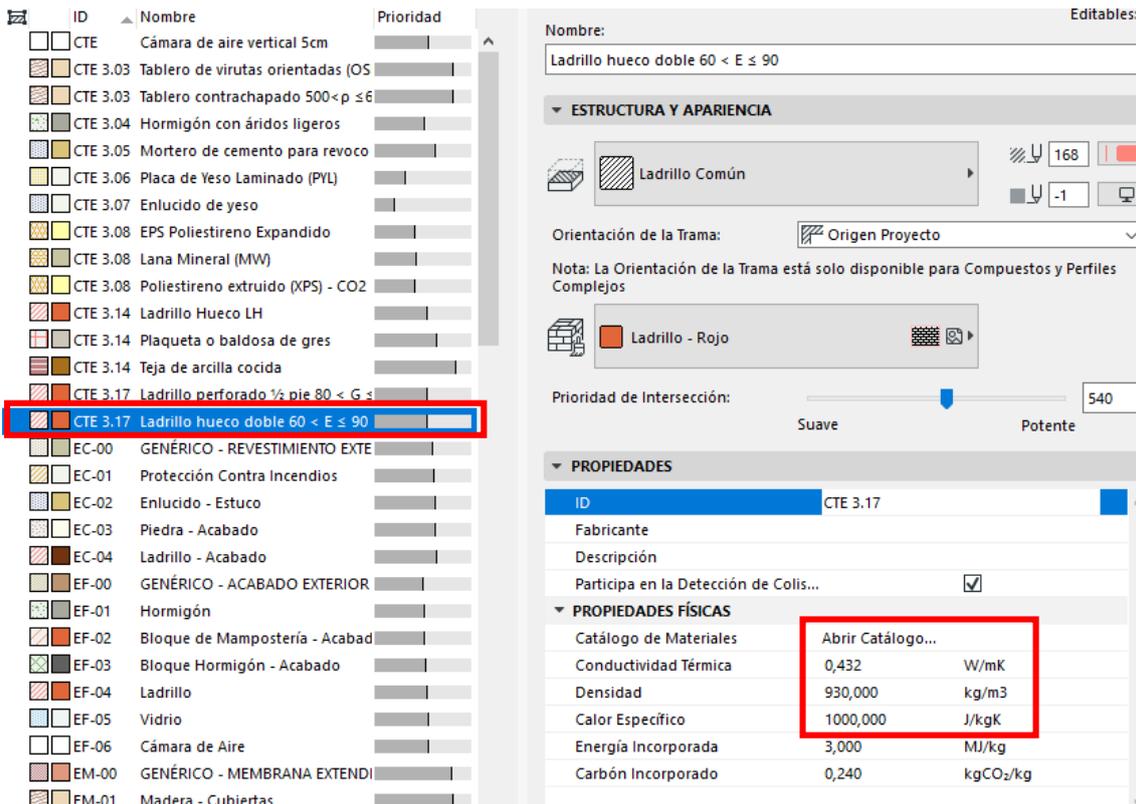


Figura 64. Biblioteca de materiales de ArchiCAD. Fuente: propia

Por último hay que definir los puentes térmicos presentes en el edificio en cuestión, para este caso se definiran tres puentes característicos y se realizará el cálculo en ellos.

El primer paso será el puente térmico del canto del forjado. Primero, deberemos seleccionar la región de aire exterior y sus características de temperatura y de resistencia térmica superficial, en este caso exterior.

Éste último de valor se obtiene del Documento de Apoyo al DB HE/1 en su tabla 1, donde se especifica las resistencias que deberemos pasar a transmitancias mediante su inversa.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)	0,04	0,17

Figura 65. Tabla con las resistencias térmicas superficiales. Fuente: CTE DA DB-HE/1

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,04} = 25,00 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

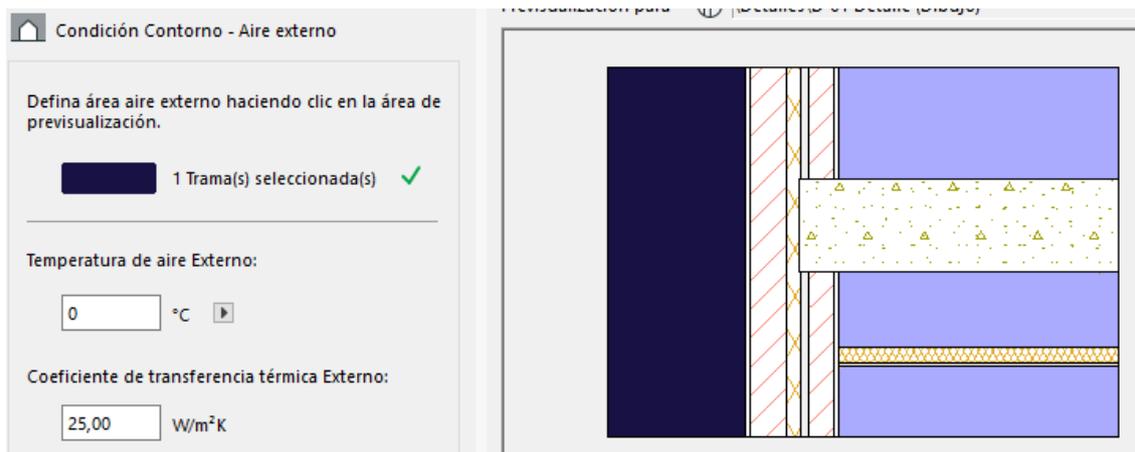


Figura 66. Parámetros de aire exterior en el puente térmico. Fuente: propia

Después se tendrá que configurar los parámetros de aire interior. En este caso el coeficiente de transferencia térmica será el siguiente:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,13} = 7,69 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$



Figura 67. Parámetros de aire exterior en el puente térmico. Fuente: propia

También nos pedirá definir qué superficie es terreno, pero como en este caso no lo hay, no se selecciona ninguna región y le daremos a siguiente:



Figura 68. Parámetros de terreno en el puente térmico. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Por último, se podrían cambiar alguno de los materiales de los compuestos de los elementos constructivos. Como ya los toma automáticamente, no será necesario cambiar nada.

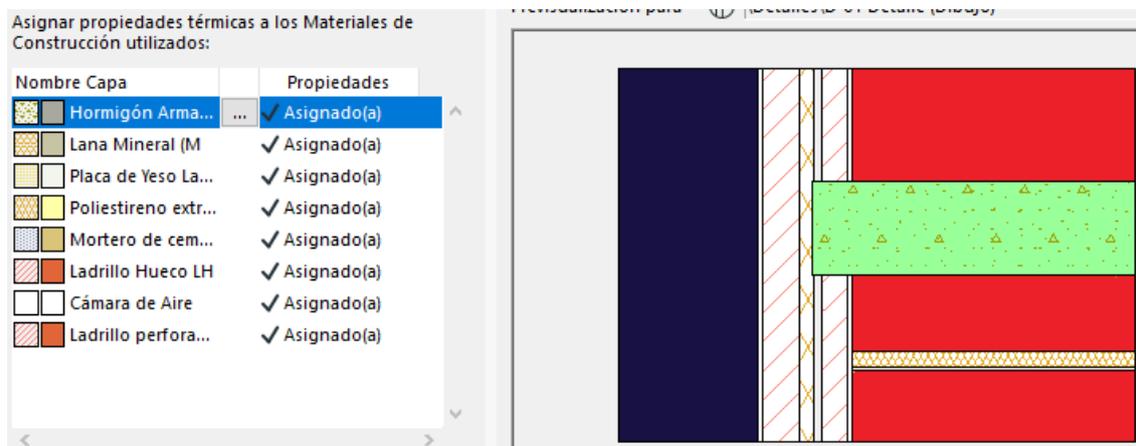


Figura 69. Ventana con opción de cambio de materiales. Fuente: propia

Después de unos segundos, se obtienen los resultados:

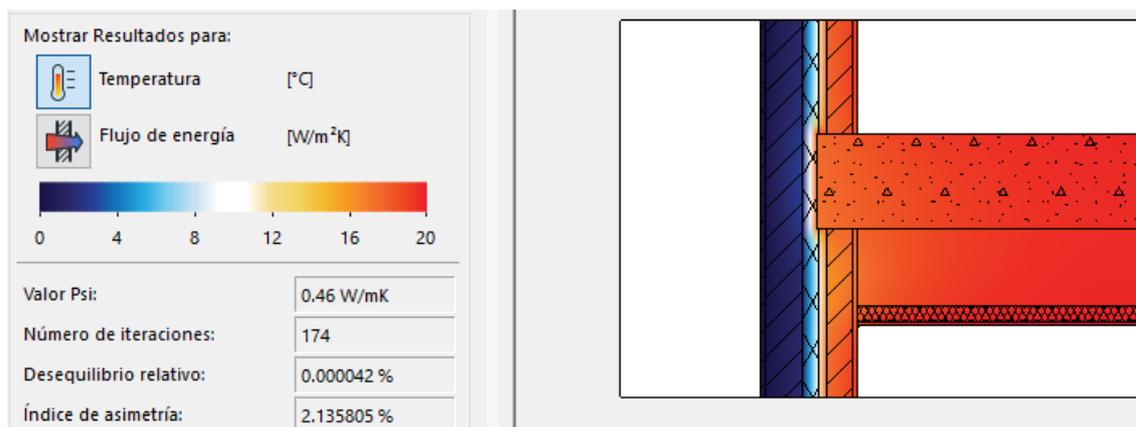


Figura 70. Resultado del cálculo del puente térmico donde se muestra la temperatura de cada una de las partes. Fuente: propia

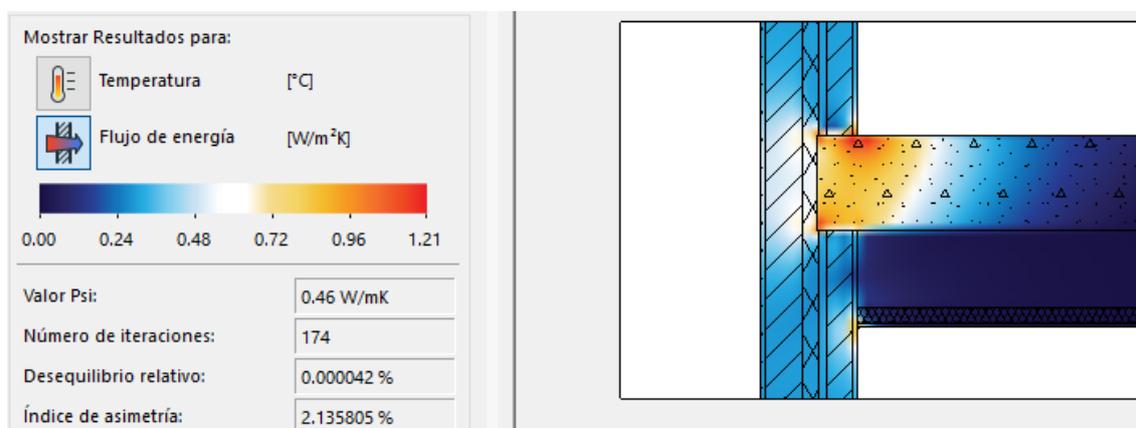


Figura 71. Resultado del cálculo del puente térmico donde se muestra el flujo de energía a través del puente térmico. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

A continuación se muestran los resultados con los otros dos puentes térmicos:

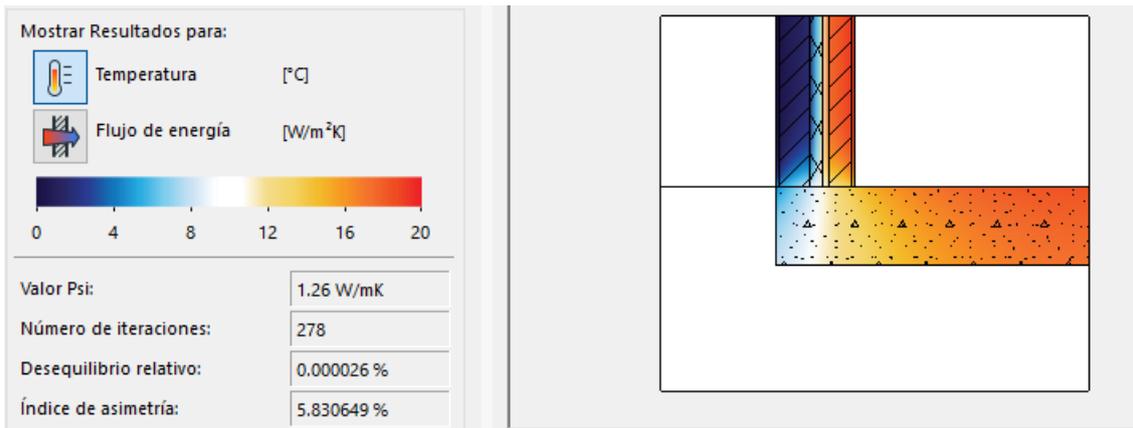


Figura 72. Temperatura del puente térmico de solera con fachada. Fuente: propia

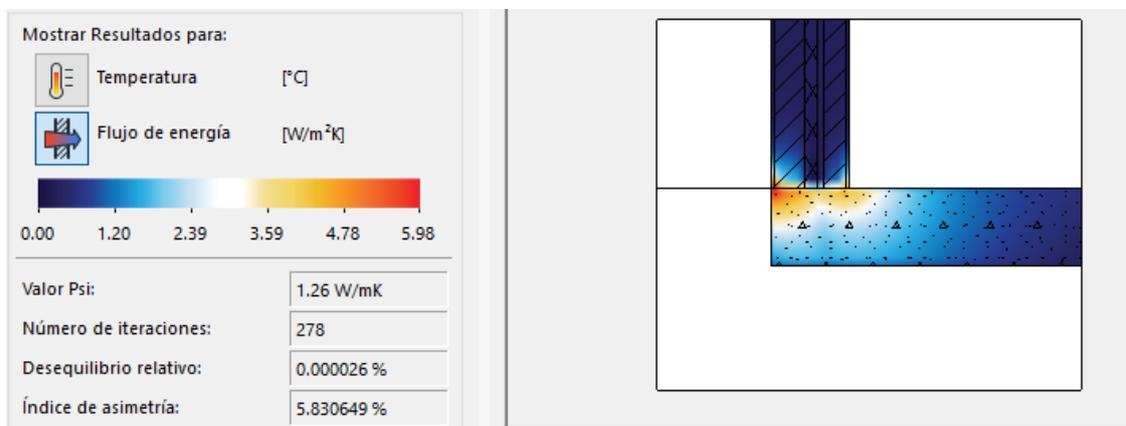


Figura 73. Flujo de energía del puente térmico de solera con fachada. Fuente: propia

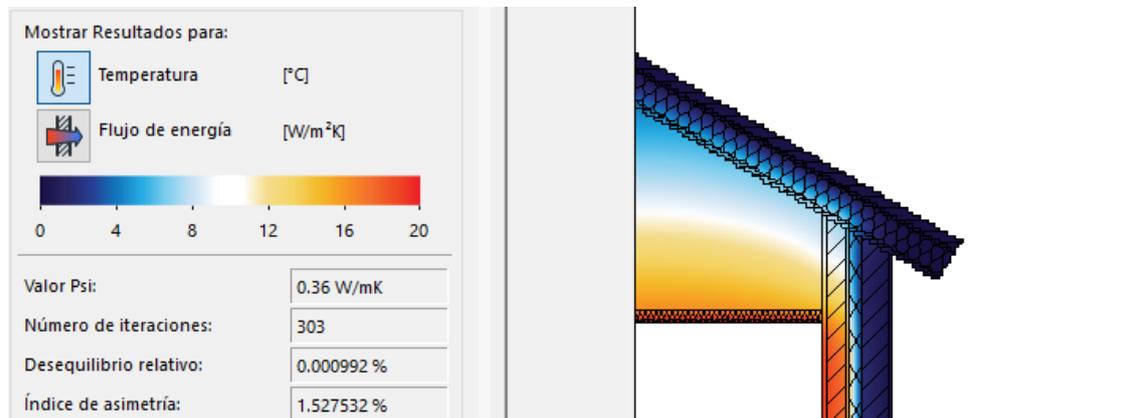


Figura 74. Temperatura en el puente térmico de cubierta. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

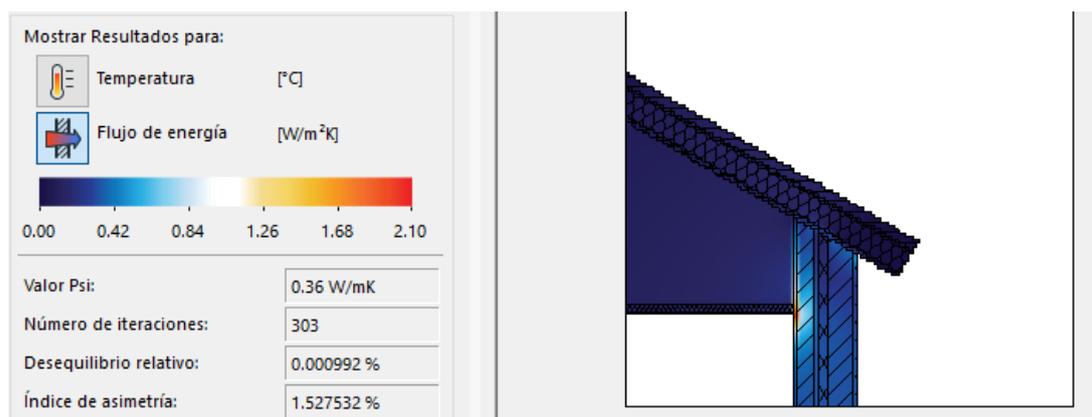


Figura 75. Flujo de energía en el puente térmico de cubierta. Fuente: propia

Antes del cálculo, se deben asignar los puentes térmicos a los bloques térmicos correspondientes.

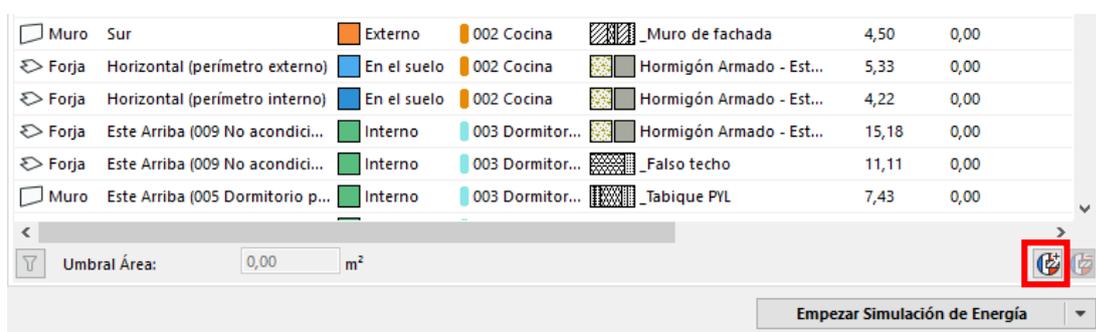


Figura 76. Botón para asignar puentes térmicos a los bloques térmicos. Fuente: propia

Accediendo al menú, se puede por cada bloque térmico, añadir las longitudes y los puentes térmicos que incluyan en su volumen. El valor psi será el calculado según los pasos anteriores.

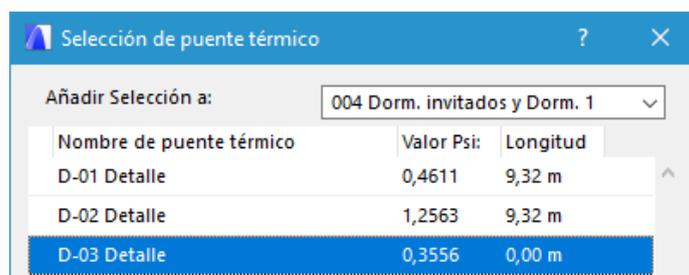


Figura 77. Adición de longitudes de puente térmico al bloque térmico. Fuente: propia

Revisión del Modelo de Energético - Estructuras

Bloques Térmicos Estructuras Aberturas

Tipo	Orient...	Categoría	Bloque Tér...	Nombre	Área [m²]	Correcci...	Espesor [m]	Valor-U [W/m²K]	Infiltr...
Puente tér...	----	----	001 Baño 1 y 2	D-01 Detalle	----	----	1,80	0,46	----
Puente tér...	----	----	001 Baño 1 y 2	D-02 Detalle	----	----	1,80	1,26	----
Puente tér...	----	----	002 Cocina	D-02 Detalle	----	----	7,00	1,26	----
Puente tér...	----	----	002 Cocina	D-01 Detalle	----	----	7,00	0,46	----
Puente tér...	----	----	004 Dorm. in...	D-02 Detalle	----	----	9,02	1,26	----
Puente tér...	----	----	004 Dorm. in...	D-01 Detalle	----	----	9,02	0,46	----

Figura 78. Puentes térmicos ya añadidos a los bloques térmicos. Fuente: propia

Con todos estos parámetros, ya se puede obtener el estudio energético de la vivienda objeto de estudio. Dándole a calcular y después de unos instantes se obtiene el resultado incluido en el Anexo 1. A partir de esa hoja se extraerán los resultados que permiten obtener una calificación energética. El proceso se detallará en el apartado 6.4.

6.2. Obtención de archivos climáticos EPW

En primer lugar se accede a la página de EnergyPlus³ desde la que se descarga el archivo EPW que contiene los datos climáticos de la zona de actuación.

Un archivo EPW es un formato de archivo que contiene los datos climáticos de cada hora de un año entero. Entre otros, contiene los datos de: año, mes y hora de obtención de los datos, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, etc.

En éste caso se deben obtener los datos climáticos de A Coruña. Al abrir el archivo EPW con un editor de texto, se pueden observar los datos anteriormente descritos separados por comas.



Figura 79. Logo de EnergyPlus. Fuente: <http://www.simulaciontermica.com/articulos/8-energy-plus>

³ <https://www.energyplus.net/weather>

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Fichero epw: ESP_La.Cor...0_SWEC.epw

Estación: Año:

Figura 82. Proceso para completar el archivo EPW con los datos de viento. Fuente: propia

Date/Time	Dry Bulb Temperature [C]	Wet Bulb Temperature [C]	Atmospheric Pressure [kPa]	Relative Humidity %	Dew Point Temperature [C]	Global Solar [Wh/m2]	Normal Solar [Wh/m2]	Diffuse Solar [Wh/m2]	Wind Speed [m/s]	Wind Direction [degrees]	Cloud Cover [tenths]
1989/01/01 @ 00:00:00	11.1	8.01	101.25	66	5.01	0	0	0	0.02	0	0
1989/01/01 @ 01:00:00	11.1	8.01	101.25	66	5.01	0	0	0	0.45	0	0
1989/01/01 @ 02:00:00	11.1	8.01	101.25	66	5.01	0	0	0	1.61	25	0
1989/01/01 @ 03:00:00	10.6	7.76	101.25	68	4.96	0	0	0	0.61	90	0
1989/01/01 @ 04:00:00	10	7.49	101.25	71	5.01	0	0	0	0.4	0	0
1989/01/01 @ 05:00:00	9.4	7.21	101.25	74	5.02	0	0	0	0.24	0	0
1989/01/01 @ 06:00:00	8.9	6.92	101.25	76	4.92	0	0	0	0.91	45	0
1989/01/01 @ 07:00:00	8.3	6.77	101.25	81	5.25	0	0	0	0.42	0	0
1989/01/01 @ 08:00:00	8.3	6.77	101.25	81	5.25	0	0	0	0.5	0	0
1989/01/01 @ 09:00:00	8.3	6.86	101.25	82	5.43	28	0	28	0.74	0	0
1989/01/01 @ 10:00:00	9.4	7.55	101.25	78	5.78	95.74	135	179	0.12	0	0
1989/01/01 @ 11:00:00	11.1	8.39	101.25	70	5.86	191.43	217	124	0.33	0	0
1989/01/01 @ 12:00:00	12.8	9.22	101.25	63	5.96	255.84	252	159	0.03	0	0
1989/01/01 @ 13:00:00	15	10.25	101.25	55	6.06	277.88	239	179	0.31	0	0
1989/01/01 @ 14:00:00	16.1	10.82	101.25	52	6.27	240.88	176	171	0.41	0	0
1989/01/01 @ 15:00:00	16.7	11.07	101.25	50	6.26	185.28	135	140	0.05	0	0
1989/01/01 @ 16:00:00	16.7	11.07	101.25	50	6.26	174.11	258	114	0.05	0	0
1989/01/01 @ 17:00:00	15.6	10.64	101.25	54	6.36	78	0	78	0.01	0	0

Figura 83. Archivo EPW en el que se pueden observar los datos de viento actualizados. Fuente: propia

Para obtener los datos de nubosidad, se puede acudir al Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) gestionado por la Corporación Universitaria para la Investigación Atmosférica, situado en Colorado, Estados Unidos. En concreto a la base de datos NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) que contiene, entre otros muchos datos, los datos cada 6 horas de nubosidad durante todos los días entre los años 1979 y 2010. Dichos datos pueden verse de forma gráfica para la zona solicitada:

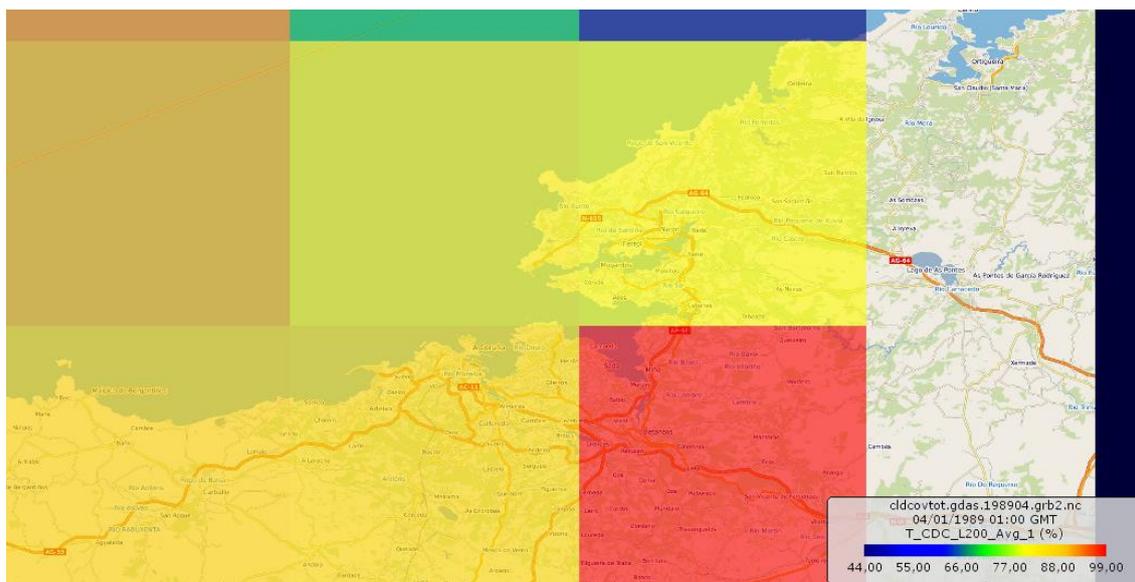


Figura 84. Visualización de los datos en el NOAA Weather and Climate Toolkit. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

value,datetime,latitude,longitude
23.0,1989-01-01 01:00:00,42,9315,-8,7500
44.0,1989-01-01 01:00:00,42,9315,-8,4375
50.0,1989-01-01 01:00:00,42,9315,-8,1250
14.0,1989-01-01 01:00:00,42,6192,-8,7500
32.0,1989-01-01 01:00:00,42,6192,-8,4375
42.0,1989-01-01 01:00:00,42,6192,-8,1250
14.0,1989-01-01 01:00:00,42,3070,-8,7500
22.0,1989-01-01 01:00:00,42,3070,-8,4375
37.0,1989-01-01 01:00:00,42,3070,-8,1250

O también exportarlos en CSV para obtener el dato de nubosidad.

Como los datos son cada 6 horas, cada día (24 h) se pueden repartir en cuatro paquetes de 6 h, así que cada uno de esos paquetes tendrá la misma nubosidad. Aunque no sea el dato exacto, ya que muchas veces la nubosidad no es constante durante 6 horas, permitirá obtener una aproximación a la realidad.

Figura 85. Fichero CSV exportado desde los datos aportados por el NCAR. Fuente: propia

Como la nubosidad, en los archivos EPW, abarca el rango desde 0 (totalmente despejado) hasta 10 (totalmente cubierto) es necesario dividir por 10 los datos en % proporcionados por el NCAR y redondear. Por ejemplo, en el caso del dato mostrado en la última imagen la operación resultará:

$$\frac{14}{10} = 1,40 \sim 1$$

Así los datos en el EPW de nubosidad quedarán así:

Date/Time	Dry Bulb Temperature [C]	Wet Bulb Temperature [C]	Atmospheric Pressure [kPa]	Relative Humidity %	Dew Point Temperature [C]	Global Solar [Wh/m2]	Normal Solar [Wh/m2]	Diffuse Solar [Wh/m2]	Wind Speed [m/s]	Cloud Cover [tenths]
1989/01/01 @ 00:00:00	11.1	8.01	101.25	66	5.01	0	0	0	0.02	1
1989/01/01 @ 01:00:00	11.1	8.01	101.25	66	5.01	0	0	0	0.45	1
1989/01/01 @ 02:00:00	11.1	8.01	101.25	66	5.01	0	0	0	1.61	1
1989/01/01 @ 03:00:00	10.6	7.76	101.25	68	4.96	0	0	0	0.61	1
1989/01/01 @ 04:00:00	10	7.49	101.25	71	5.01	0	0	0	0.4	1
1989/01/01 @ 05:00:00	9.4	7.21	101.25	74	5.02	0	0	0	0.24	1
1989/01/01 @ 06:00:00	8.9	6.92	101.25	76	4.92	0	0	0	0.91	1
1989/01/01 @ 07:00:00	8.3	6.77	101.25	81	5.25	0	0	0	0.42	8
1989/01/01 @ 08:00:00	8.3	6.77	101.25	81	5.25	0	0	0	0.5	8
1989/01/01 @ 09:00:00	8.3	6.86	101.25	82	5.43	28	0	28	0.74	8
1989/01/01 @ 10:00:00	9.4	7.55	101.25	78	5.78	95.74	135	69	0.12	8
1989/01/01 @ 11:00:00	11.1	8.39	101.25	70	5.86	191.43	217	124	0.33	8
1989/01/01 @ 12:00:00	12.8	9.22	101.25	63	5.96	255.84	252	159	0.03	8
1989/01/01 @ 13:00:00	15	10.25	101.25	55	6.06	277.88	239	179	0.31	4
1989/01/01 @ 14:00:00	16.1	10.82	101.25	52	6.27	240.88	176	171	0.41	4
1989/01/01 @ 15:00:00	16.7	11.07	101.25	50	6.26	185.28	135	140	0.05	4
1989/01/01 @ 16:00:00	16.7	11.07	101.25	50	6.26	174.11	258	114	0.05	4
1989/01/01 @ 17:00:00	15.6	10.64	101.25	54	6.36	78	0	78	0.01	4
1989/01/01 @ 18:00:00	14.4	10.08	101.25	58	6.27	0	0	0	0.39	4

Figura 86. Archivo EPW en el que se pueden observar los datos de nubosidad actualizados. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

6.3. Interoperabilidad. Exportación para su apertura en HULC

6.3.1. ArchiCAD a HULC

ArchiCAD dispone de una extensión oficial de Graphisoft y gratuita que permite exportar archivos a la antigua herramienta Lider. Se trata de una extensión desactualizada que, aunque no nos permite obtener la certificación energética sí nos permite, posteriormente, abrir el archivo en HULC.

En primer lugar se tiene que abrir la herramienta Lider y crear un nuevo proyecto. Como datos mínimos se introducirán la localización y la zona climática y posteriormente crear la base de datos de elementos constructivos con la composición y materiales que ya se detallaron en apartados anteriores.

En primer lugar se importarán los materiales a partir del archivo de base de datos incluido en la herramienta Lider y posteriormente se crearán los cuatro compuestos necesarios, uno para los muros de fachada, otro para los tabiques, otro para la cubierta y un último para la solera y el forjado.

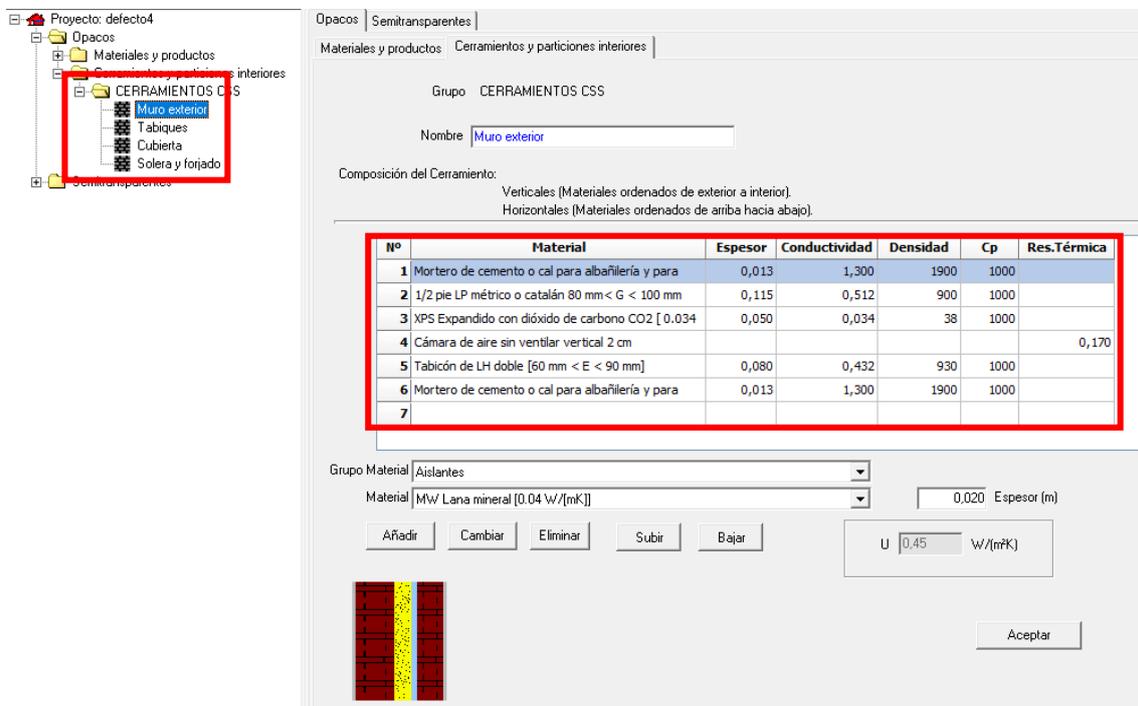


Figura 87. Los elementos constructivos creados junto a sus compuestos. En la imagen, el muro de fachada. Fuente: propia

Antes de seguir en ArchiCAD, se debe guardar el archivo en formato *.cte. Es muy importante guardarlo dentro de la carpeta "C:\Archivos de programa (x86)\CTE\Lider\Datos" o en la misma carpeta "Datos" si se hubiese cambiado su ubicación al instalarlo, de lo contrario, el proceso no funcionará.

De vuelta a ArchiCAD, y con el proyecto abierto, hay que configurar para que en cada elemento aparezcan las propiedades de Lider. Es necesario ir al desplegable Opciones, Entorno de trabajo y a Cuadros de diálogo de definición de herramienta. Aquí se selecciona la herramienta muro en la lista central, y la derecha y se hará click en el ojo correspondiente a Propiedades LIDER. Sabremos que se hizo bien si el ojo se abre, lo

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

que indicará que ahora será visible. Se realizará el mismo proceso con la herramienta forjado y con la herramienta cubierta.

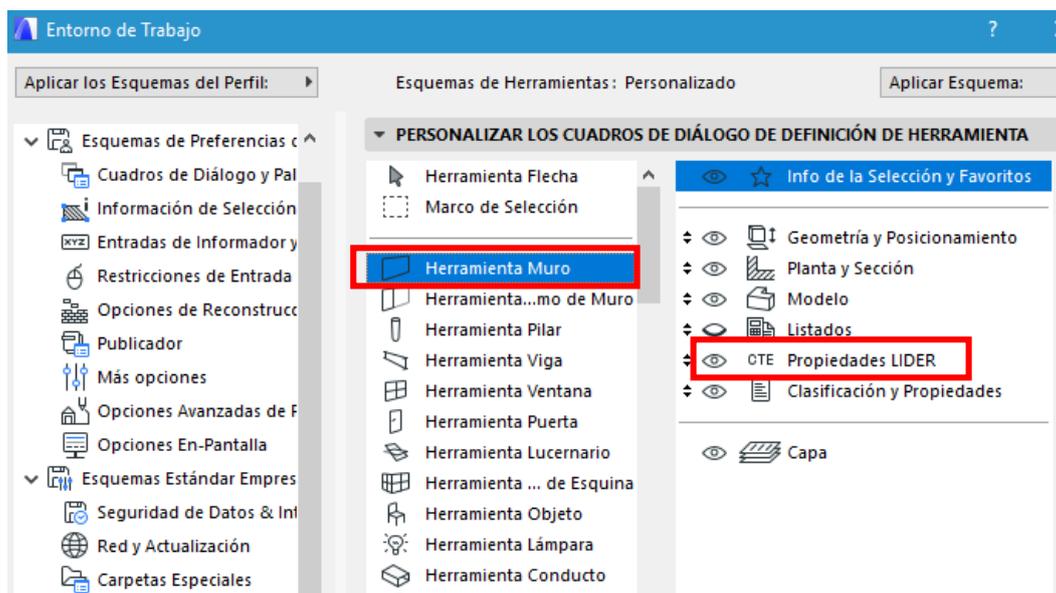


Figura 88. Activación de la visibilidad de las Propiedades LIDER. Fuente: propia

Ahora, desde una vista de planta (desde el 3D no aparecerá la opción), iremos al menú Documento, Extras de listados y haremos click en Importar LIDER.

Ahora al entrar en las definiciones de un elemento, es posible ir al desplegable Propiedades LIDER y seleccionar que compuesto de los que creamos en la base de datos de Lider se corresponde con él. En el caso de los muros de fachada se seleccionará Muro exterior, en el de los tabiques, tabiques y así sucesivamente.

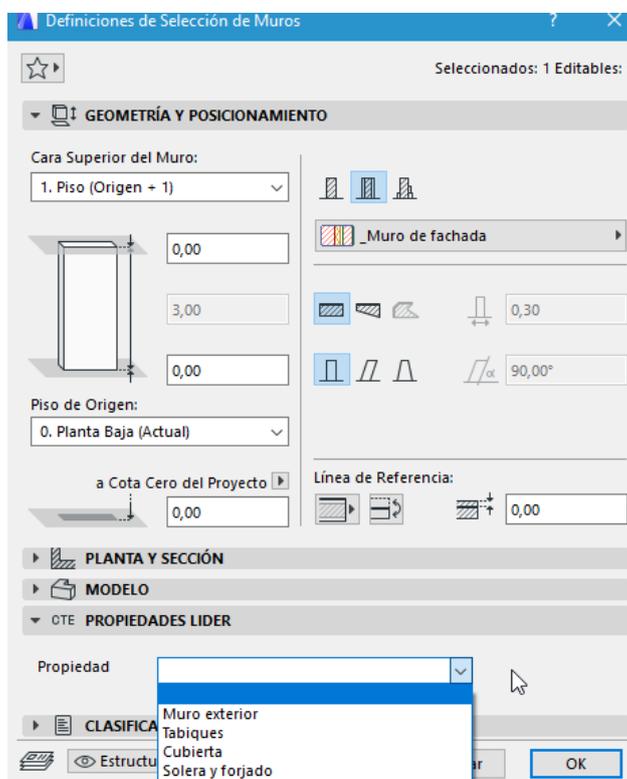


Figura 89. Selección de la propiedad LIDER en la ventana de definiciones de ArchiCAD. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

También se debe crear una categoría de zona que se llame LIDER y asignársela a todas las habitaciones que se quieren exportar.

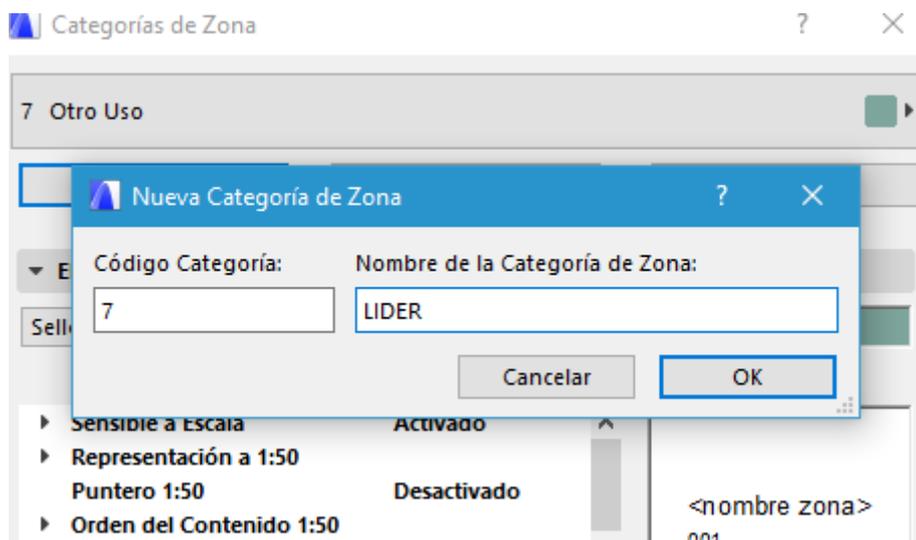


Figura 90. Creación de la categoría de zona llamada LIDER. Fuente: propia

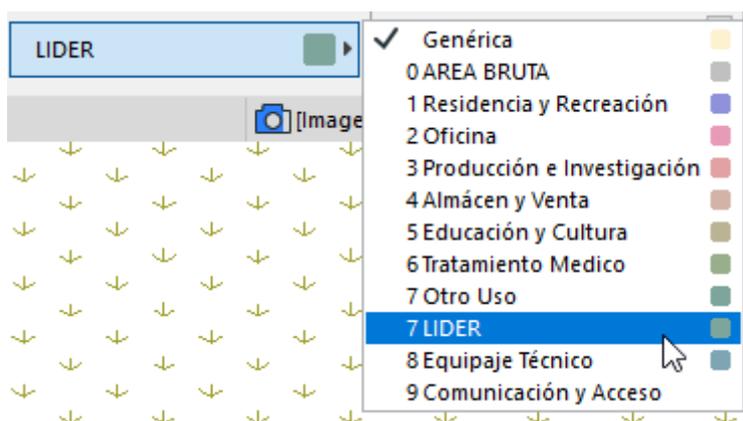


Figura 91. Asignación de la categoría de zona a la zona seleccionada. Fuente: propia

Por último, el método de introducción de las zonas será por línea de referencia.



Figura 92. Método de introducción por línea de referencia. Fuente: propia

Para exportar el modelo desde ArchiCAD a la Herramienta unificada Lider Calener, se accederá al menú Archivo y Guardar como... donde se podrá seleccionar como tipo de archivo la extensión .cte, que se puede abrir en Lider (la versión antigua) o en HULC, y le damos a guardar.

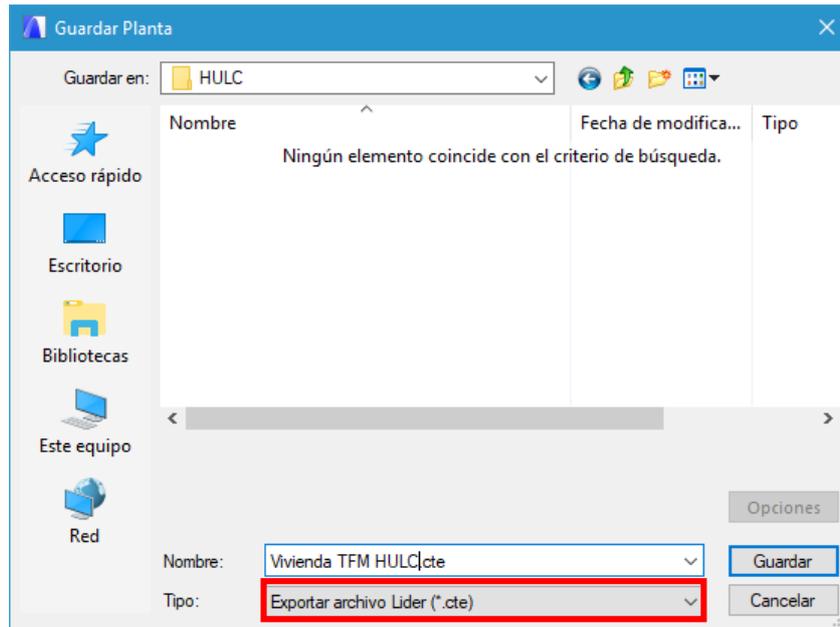


Figura 93. Ventana de guardado, dónde se selecciona el formato de archivo *.cte. Fuente: propia

Al abrir el archivo en Lider o en HULC se puede que no se importa correctamente toda la geometría y que sólo es visible el salón. Esto es posible debido a que la extensión no funciona correctamente en volúmenes demasiado complejos o simplemente a que la extensión lleva unos diez años sin actualizarse.

6.3.2. ArchiCAD / Revit a Cypetherm HE Plus

Antes de exportar el modelo en formato IFC, se deben cambiar una serie de configuraciones en el traductor IFC. El traductor IFC consiste en la forma que tiene el programa de transformar sus propios elementos en elementos IFC y viceversa.

Dentro de ArchiCAD se deben seleccionar entrar en la Conversión de Geometrías para la exportación IFC y seleccionar, en Elementos en Operaciones de Elemento Sólido, la opción que se llama BREP.

Defina como convertir los elementos de ARCHICAD exportados a IFC:	
Utilizar Geometría BREP en el color actual para todos los elementos	<input type="checkbox"/>
Triangular superficies de las BREPs (solo efectivo con el Esquema IFC 4)	<input type="checkbox"/>
Explotar Elementos Compuestos y Perfiles Complejos en partes	<input type="checkbox"/>
Geometrías complejas de múltiples capas:	Partes del elemento constructivo
Elementos en Operaciones de Elemento Sólido:	BREP
Elementos con uniones:	Extrusionada/Girada sin uniones
Forjados con canto inclinado:	Extrusionada
Utilizar métodos geométricos legados como en Vista de Coordinación 1.0	<input type="checkbox"/>
Geometría del Terreno IFC:	BREP

Figura 94. Ventana de Conversión de Geometrías para la exportación IFC. Fuente: propia

Dentro de la ventana Conversión de datos para la exportación IFC hay que activar las opciones de Cantidades base IFC, Espacio de contención IFC y Contornos espaciales IFC.

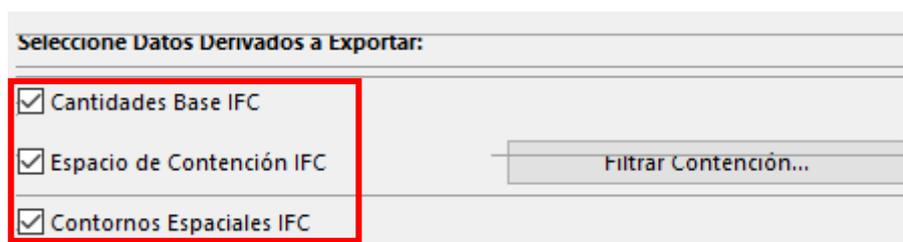


Figura 95. Ventana de Conversión de datos para la exportación IFC. Fuente: propia

A partir de aquí, ya se puede guardar el archivo IFC mediante el procedimiento habitual a través de Archivo, Guardar como... y seleccionar el formato de archivo IFC.

En Revit, se debe ir a Archivo, Exportar, IFC y dentro de la ventana que se abre a “Modify setup...” para entrar a la configuración del traductor IFC. En la pestaña “Additional Content” se activarán los dos últimos botones “Export only elements visible in view” y “Export rooms in 3D views”.

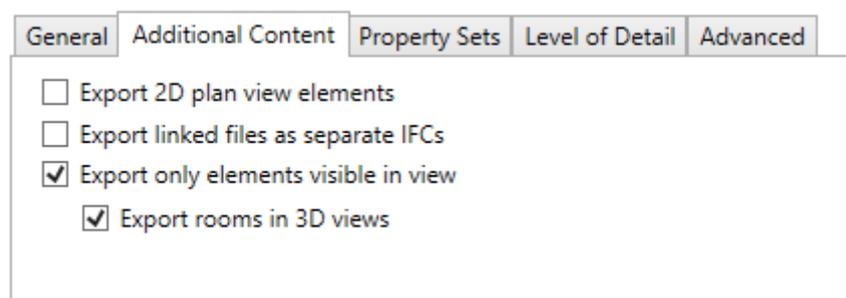


Figura 96. Pestaña “Additional Content” dentro del traductor IFC de Revit. Fuente: propia

En la pestaña “Property Sets”, activaremos la primera y la tercera opción: “Export only elements visible in view” y “Export rooms in 3D views”. Una vez configurado, el proceso de exportación continuaría con su proceso habitual.

El IFC podremos cargarlo en Cypetherm HE Plus a través del servicio BIMserver.center, todo ello gratuito hasta 1,00 GB de capacidad. Dicho servicio permite compartir proyectos a través del estándar IFC con otras personas. Una vez se abre el archivo, aparecerá a la izquierda el árbol de proyecto, en el que aparecerán marcados con un pequeño icono de una exclamación blanca sobre fondo naranja los elementos que necesiten definirse o revisión.

En primer lugar, cargaremos el IFC de Revit y comprobaremos que en este caso, no se detectan multitud de elementos como muros de fachada, tabiques, forjados, cubiertas... lo cual provoca que volver a dibujarlos y empezar de cero, sea casi el mismo esfuerzo.

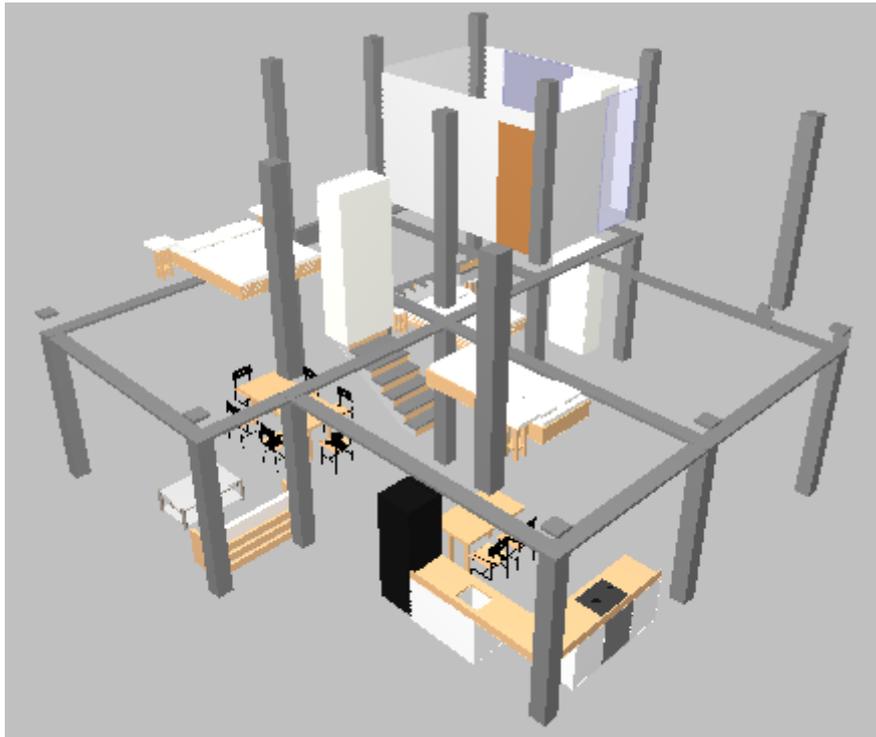


Figura 97. Archivo IFC de Revit importado en Cypetherm HE plus. Fuente: propia

Ahora cargaremos el IFC de ArchiCAD y se puede ver como nos carga correctamente la geometría de toda la envolvente.

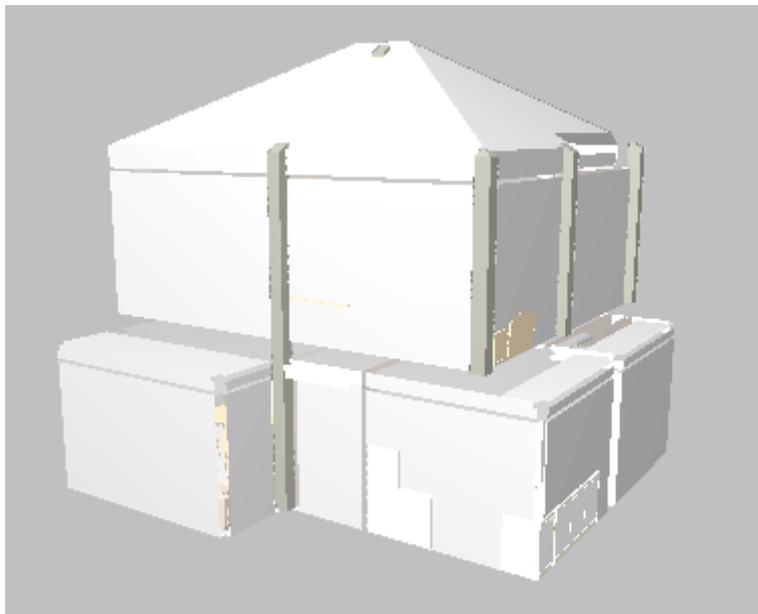


Figura 98. Archivo IFC de ArchiCAD cargado en Cypetherm HE Plus. Fuente: propia

Al acabar el proceso de carga, se detecta como el conjunto de elementos correspondiente a cubierta está vacío por lo que el primer paso que se debe realizar es corregirlo.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

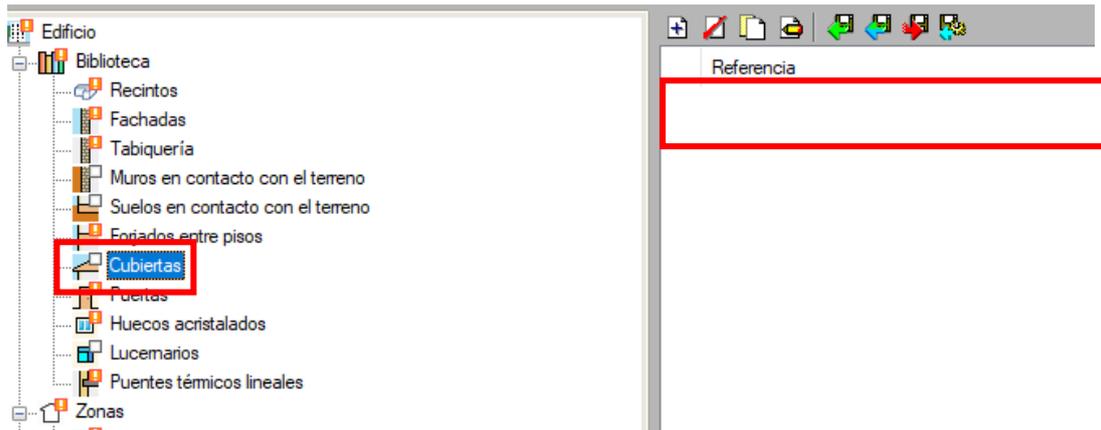


Figura 99. Dentro del apartado Cubiertas (a la izquierda) se puede observar que no hay ningún elemento (a la derecha). Fuente: propia

En la parte superior, bajo la pestaña Planos de planta, se pueden editar los elementos colocados. En este caso, hay que seleccionar Forjados que es donde se encuentran tanto las soleras como los propios forjados o las cubiertas.

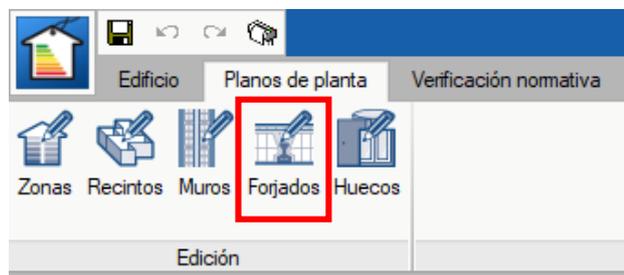


Figura 100. Seleccionaremos la herramienta Forjados. Fuente: propia

Aunque debido a la visualización del programa no se puede distinguir correctamente donde se encuentra la cubierta, al aproximar el ratón en la planta superior con la herramienta Forjados a uno de los faldones de la cubierta, se verá que se remarca el propio contorno del faldón de color cian.

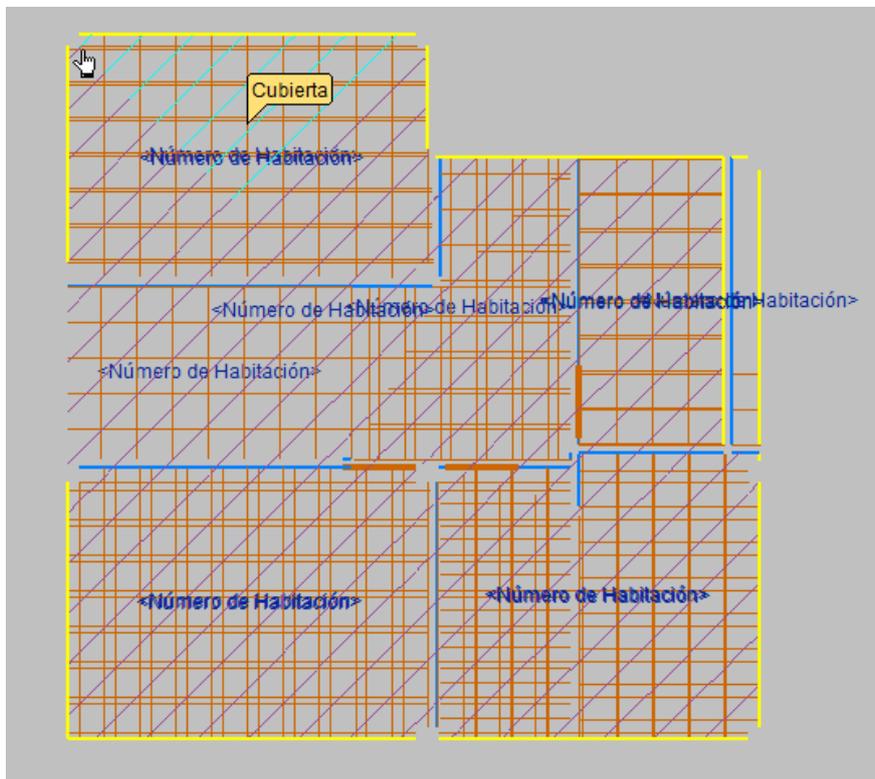


Figura 101. El faldón de la cubierta queda remarcado con un color cian. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Al hacer click derecho sobre él, podremos seleccionar el tipo cubierta y en la hoja de papel con el símbolo “+”, se seleccionará la composición a través de la definición por capas, que permite seleccionar los materiales del catálogo de elementos constructivos del CTE.

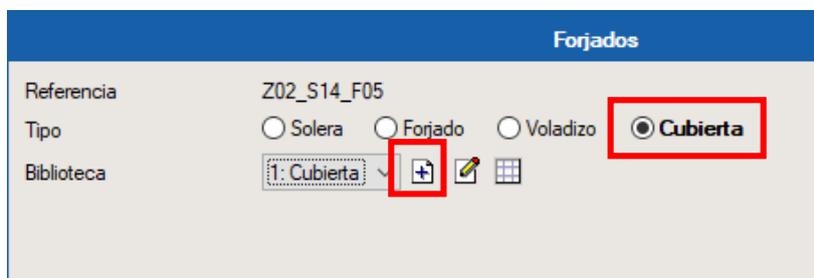


Figura 102. Se selecciona el tipo cubierta, y le damos a añadir uno nuevo. Fuente: propia

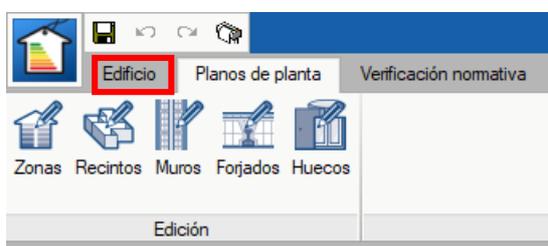


Figura 103. Volveremos a la pestaña Edificio. Fuente: propia

Posteriormente, se regresará a la pestaña edificio para definir cada uno de los compuestos, los materiales que lo componen así como cada una de sus capas y espesores. Si se selecciona la categoría Fachadas, se verá que a la derecha aparecen los dos compuestos de muros que se configuraron configuramos en este caso en ArchiCAD y al lado un número que representa el espesor en milímetros.

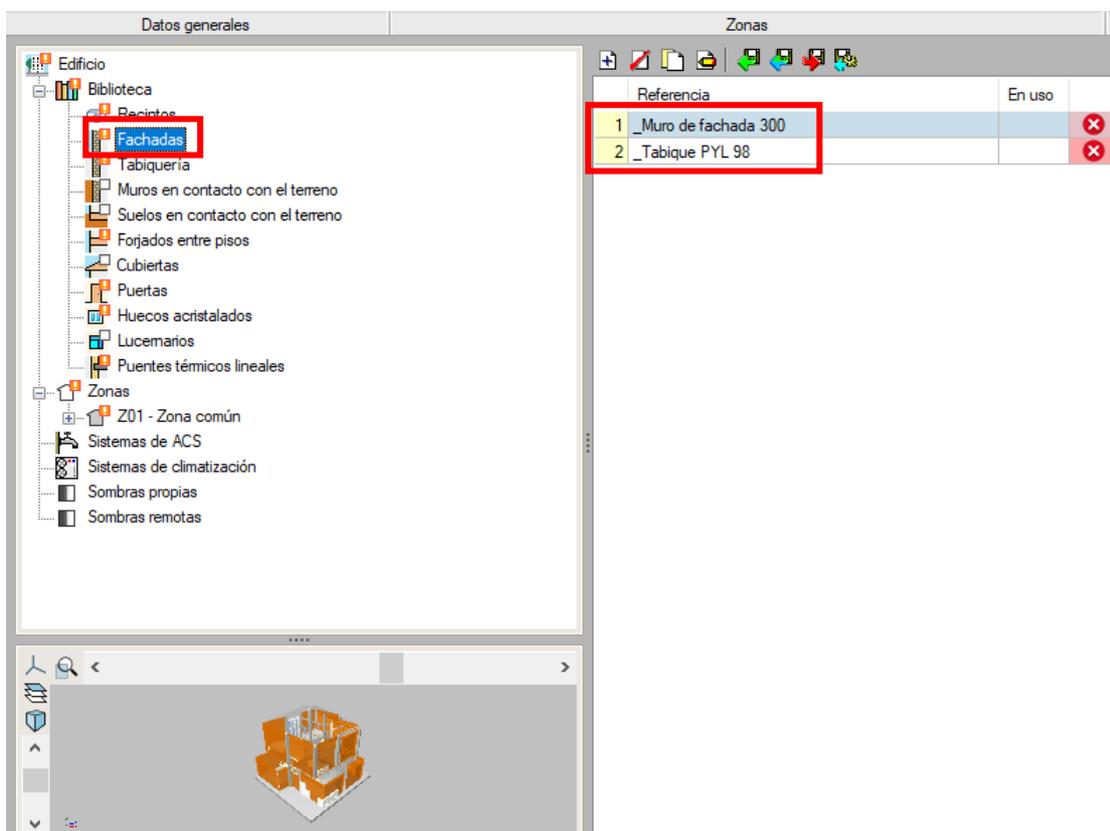


Figura 104. Selección de fachadas para que aparezcan qué compuestos de muros diferentes se encuentran en el archivo IFC. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

De la misma forma que se configuró la composición de la cubierta, se añadirán capas al muro para definirlo. Se usarán las mismas composiciones que en los modelos levantados en los programas de modelado Revit y ArchiCAD, quedando de la siguiente forma el muro de fachada como ejemplo.

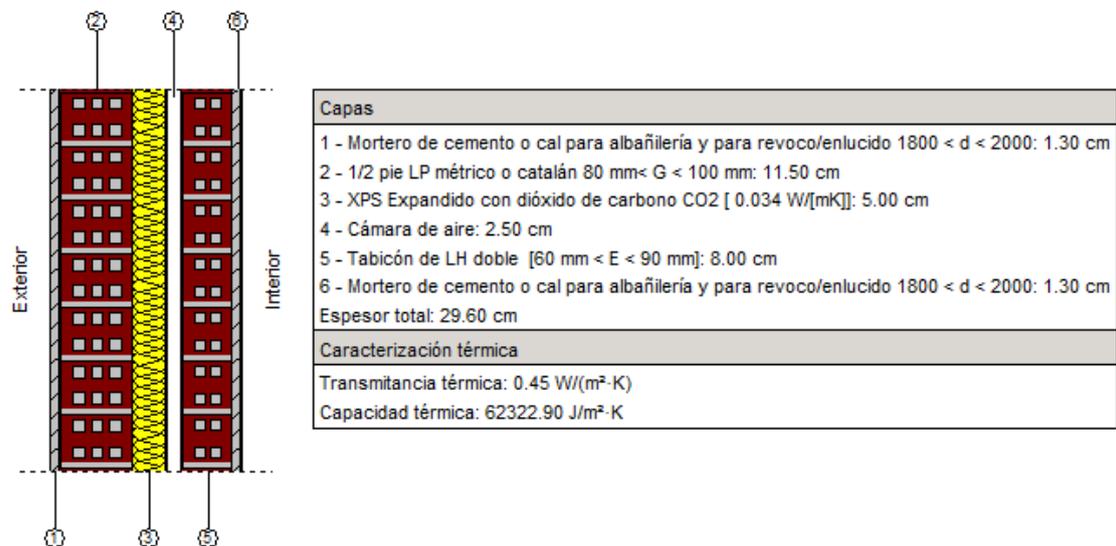


Figura 105. Composición del muro de fachada. Fuente: propia

No sólo se deben especificar los elementos constructivos sino también las habitaciones una a una. Tanto los falsos techos como los patinillos, se seleccionarán como recintos No Habitables, y dentro de la ventilación, si hace click en la pequeña flecha azul, se elegirá el valor adecuado, en este caso el correspondiente a recintos estancos.

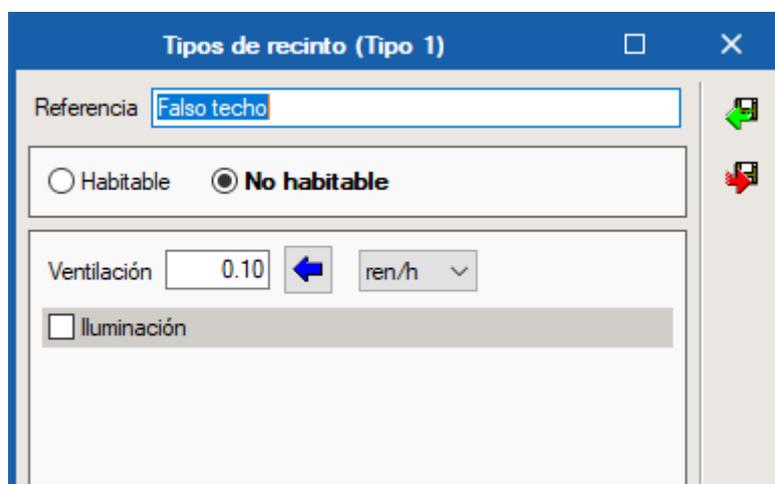


Figura 106. Configuración del tipo de recinto falso techo. Fuente: propia

Posteriormente, se irá seleccionando el resto de recintos como Habitables, y en el valor de ventilación se cambiará las unidades a l/s y se pondrán los valores de caudal calculados en apartados anteriores. En el caso del salón, el valor es de 10,00 l/s.

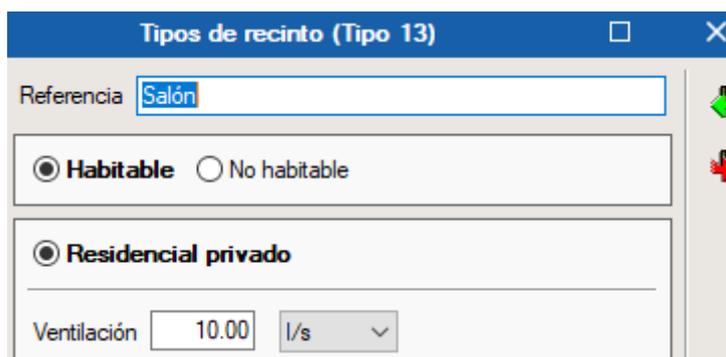


Figura 107. Edición del tipo de recinto de Salón. Fuente: propia

A las puertas, únicamente se les tiene que asignar las transmitancias térmicas, poniendo la misma que en los programas de modelado, que son $2,19 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

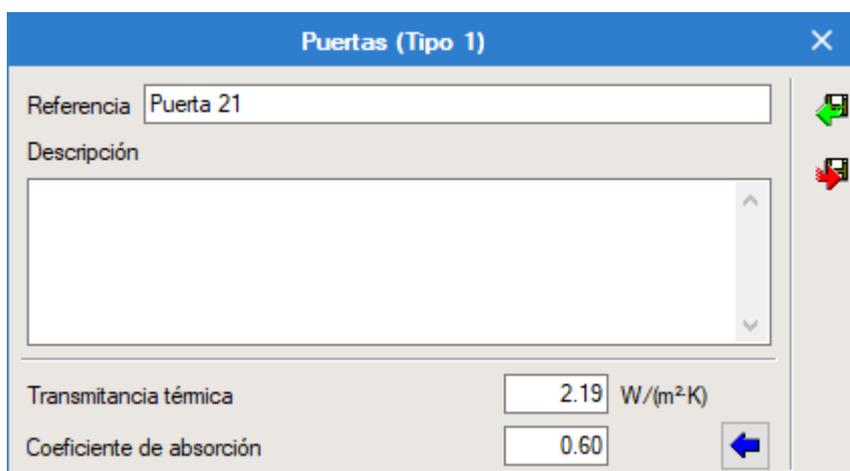


Figura 108. Edición de puertas, donde cambiaremos la transmitancia. Fuente: propia

Ahora solo quedan las ventanas. En este caso se verá que en la columna En uso, aparece una cruz roja en los dos tipos de ventana que hay en el proyecto. Esto significa que no hay ninguna ventana en el modelo, por lo que se tienen que añadir.



Figura 109. Ventanas no incluidas en el modelo, indicado por la cruz roja. Fuente: propia

	X	Y	Z
1	-1.980	2.026	2.100
2	0.000	2.026	2.100
3	0.000	2.026	0.000
4	-1.980	2.026	0.000

El proceso de insertar ventanas en Cypetherm HE Plus resulta, quizá el proceso más tedioso del programa. Su introducción consiste en seleccionar la habitación en la que se sitúa el muro en el que están incluidos, seleccionar el muro y editar sus huecos. La única forma de colocarlos es definir sus 4 aristas según las cuatro coordenadas que ocupan espacialmente con

respecto al origen del proyecto. El orden en el que colocamos cada uno de los puntos resulta de vital importancia, ya que sólo hay uno válido y cualquier otro orden hará que el programa no la reconozca como un elemento válido. La forma correcta de hacerlo es, poniéndose en la situación en la que se ve la ventana de frente y desde el exterior de la vivienda, empezar por la esquina superior izquierda, después la esquina superior derecha para proseguir por la inferior derecha y acabar con la inferior izquierda.

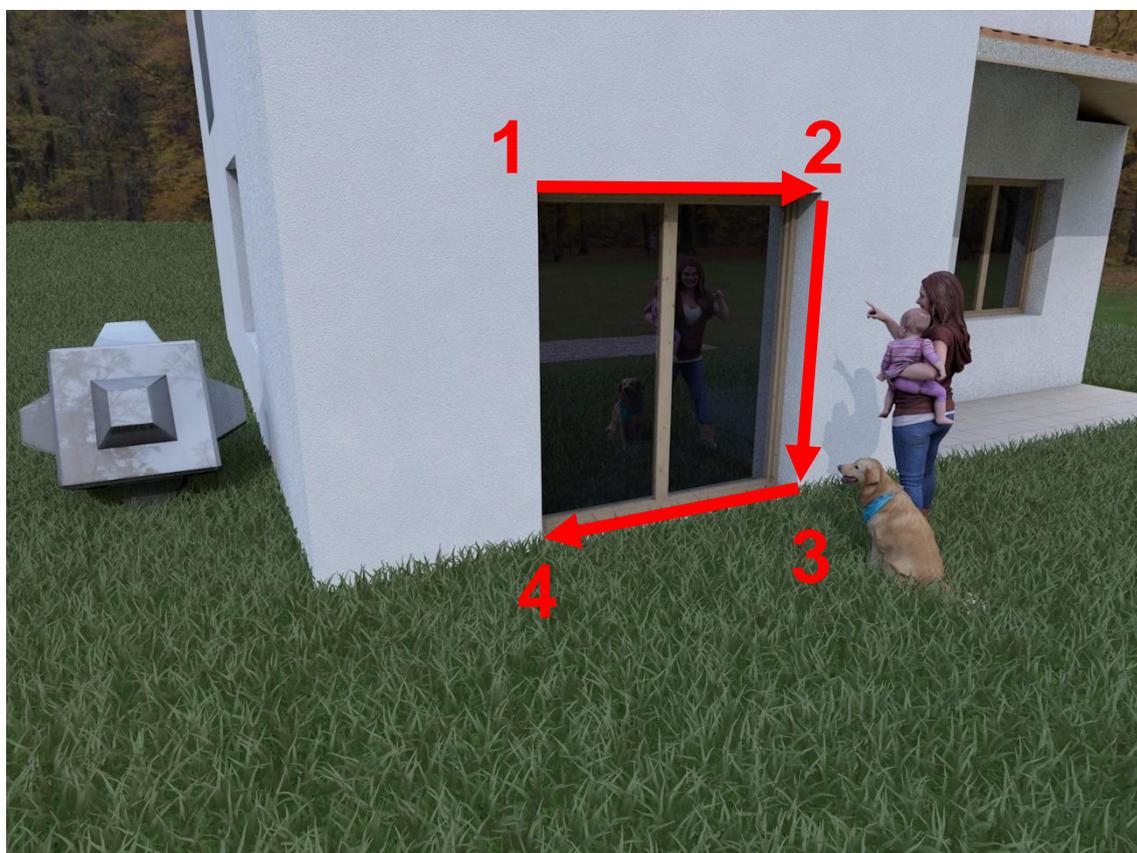


Figura 110. Infografía dónde se muestra el único orden correcto para definir las ventanas por coordenadas en Cypetherm HE Plus. Fuente: propia

A continuación se definirán las zonas, es decir, la agrupación de recintos con características similares. En este caso se tendrán dos zonas bien diferenciadas, la zona habitable y la no habitable. A la primera se le seleccionará la clasificación de habitable y se podrá observar que los rangos de temperaturas los extraerá del perfil de uso del CTE.

The screenshot shows the 'Zona' configuration window. The 'Referencia' field is set to 'Z01'. The 'Nombre' field contains 'Zona común'. The 'Clasificación de la zona' dropdown is set to 'Habitable'. Below this, the 'Condiciones operacionales y confort interior' section is visible, with 'Condiciones operacionales' set to 'Temperaturas de consigna CTE' and 'Periodo de utilización' set to 'Uso residencial'. The 'Ventilación e infiltraciones' section shows 'Recuperación de calor: No.' and 'Infiltraciones: Si.'

Figura 111. Configuración de la zona habitable. Fuente propia

The screenshot shows the 'Zona' configuration window for a non-habitable zone. The 'Referencia' field is set to 'Z02'. The 'Nombre' field contains 'No habitable'. The 'Clasificación de la zona' dropdown is set to 'No habitable'.

Figura 112. Configuración de la zona habitable. Fuente: propia

Ahora se definirá el equipo de generación de ACS, que será la caldera de gas natural que se definió en Ecodesigner de ArchiCAD.

The screenshot shows the 'Sistemas' configuration window. The 'Referencia' field is set to 'ACS'. Under 'Tipo', the 'Genérico' radio button is selected. The 'Tipo de vector energético' dropdown is set to 'Gas natural'. The 'Tipo' field contains 'Caldera de gas natural'. The 'Rendimiento medio estacional de calor' field is set to '0.75'. The 'Potencia nominal' field is set to '14000 W'.

Figura 113. Características de la caldera de ACS. Fuente: propia

Por último, se editarán los parámetros globales y se seleccionará una Obra nueva clasificada como residencial privado del tipo vivienda unifamiliar.

Figura 114. Configuración de parámetros generales. Fuente: propia

Por último quedará la configuración de demanda de ACS, que será multiplicar los 28 l/día por persona por la ocupación, que se supuso en 7 personas.

$$28 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 7 \text{ personas} = 196 \frac{l}{\text{día}}$$

También se establecerá, en este supuesto, el valor de contribución solar térmica para calentar el ACS en un 0% en este supuesto.

Figura 115. Configuración para la demanda de ACS. Fuente: propia

Por último, hay que crear los puentes térmicos, ya que aunque parece que el programa incluye una herramienta que los detecta automáticamente, no funciona correctamente ya que no aparece ninguno. Se han creado los mismos puentes térmicos que teníamos en ArchiCAD, con el mismo valor Psi para comparar los resultados finales.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Referencia	Psi	Valor	En uso
1	? Frente de forjado	0.46	Introducido	✗
2	? Solera con terreno	1.26	Introducido	✗
3	? Alero Cubierta	0.36	Introducido	✗

Figura 116. Tipos de puente térmico creados. Fuente: propia

Por cada muro que confina un recinto interno, se deben definir los puentes térmicos que contiene mediante coordenadas. En el siguiente ejemplo, se puede ver que en la cocina, que tiene dos muros de fachada, hay que poner cuatro puentes térmicos, dos por fachada.

Referencia	Tipo	Biblioteca	Colindancia	Longitud	ψ
Z01_S01_TB01	Exterior	Frente de forjado	-	2.875 m	0.46 W/(m·K)
Z01_S01_TB02	Exterior	Solera con terreno	-	2.875 m	1.26 W/(m·K)
Z01_S01_TB03	Exterior	Frente de forjado	-	2.750 m	0.46 W/(m·K)
Z01_S01_TB04	Exterior	Solera con terreno	-	2.750 m	1.26 W/(m·K)

Ambiente confinante: Exterior Interior

Referencia: Z01_S01_TB01

Biblioteca: 1: Frente de forjado

Vértices

X: 2.715 m Y: 3.526 m Z: 2.400 m

X: 5.590 m Y: 3.526 m Z: 2.400 m

Figura 117. Definición mediante coordenadas de los puentes térmicos en la cocina. Fuente: propia

6.4. Obtención de resultados

6.4.1. Calificación a partir de Ecodesigner de ArchiCAD

Para la obtención de la letra correspondiente a la calificación energética, hay que acudir al documento “Calificación de la eficiencia energética de los edificios” publicado por el IDAE, dónde se proporcionan las fórmulas necesarias para obtener la letra. Las fórmulas son las siguientes:

$$C_1 = \frac{(R \cdot I_0 / \bar{I}_r) - 1}{2 \cdot (R - 1)} + 0,6$$

$$C_2 = \frac{(R' \cdot I_0 / \bar{I}_s) - 1}{2 \cdot (R' - 1)} + 0,5$$

Dónde cada valor corresponde a: (10)

I_0 : Es el valor del indicador analizado (emisiones anuales de CO_{2e}, consumo anual de energía primaria no renovable, demanda de calefacción, etc.) del edificio objeto.

\bar{I}_r : Es el valor medio del indicador del parque de referencia de edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda).

R : Es el ratio entre el valor de I_r y el valor del indicador correspondiente al percentil del 10 % del parque de referencia de edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda).

\bar{I}_s : Es el valor medio del indicador del parque de referencia de edificios existentes de uso residencial privado (vivienda).

R' : Es el ratio entre el valor de I_s y el valor del indicador correspondiente al percentil del 10 % del parque de referencia de edificios existentes de uso residencial privado (vivienda).

Los valores de I_r , R , I_s , R' correspondientes a las diferentes zonas climáticas se incluyen en el Anexo III. El Anexo IV recoge los valores de las escalas de eficiencia energética para distintos indicadores en uso residencial privado (vivienda), obtenidas mediante este procedimiento.

Por lo tanto, sólo se necesitan los valores de energía primaria no renovable y de emisiones anuales de CO₂, ya que el resto de valores son extraídos del documento anteriormente mencionado. Aunque el informe extraído del Ecodesigner de ArchiCAD es más extenso y queda reflejado en el Anexo I, a continuación se muestra un pequeño extracto de donde se obtienen los valores más importantes.

Valores Clave			
Datos generales del proyecto			
Nombre Proyecto:	Vivienda A v21 v2 ...	Coefficientes de transfer.	Valor U [W/m²K]
Ubicación Ciudad:		Promedio Edificio Entero:	0,92
Latitud:	43° 21' 6" N	Pavimentos:	1,90 - 1,90
Longitud:	8° 24' 26" O	Externo:	0,29 - 8,33
Altitud:	0,00 m	Subterráneo:	--
Origen de Datos Climáticos:	ESP_La...ento.epw	Aberturas:	2,19 - 3,82
Fecha de Evaluación:	04/09/2018 10:46:20	Valores Anuales Especificos	
Datos de geometría del edificio			
Área bruta de la planta:	248,78 m²	Energía calorífica Neta:	30,85 kWh/m²a
Área de Suelo Tratado:	228,84 m²	Energía refrigerante Neta:	2,98 kWh/m²a
Área del Envoltente Exterior:	281,72 m²	Energía Neta Total:	33,82 kWh/m²a
Volumen ventilado:	382,41 m³	Consumo de Energía:	85,41 kWh/m²a
Ratio acristalamiento:	10 %	Consumo de Combustibles:	82,54 kWh/m²a
Datos de rendimiento de la estructura			
Infiltración a 50Pa:	11,53 AAH	Energía Primaria:	120,74 kWh/m²a
		Coste Combustibles:	6,68 €/m²a
		Emisión CO ₂ :	22,17 kg/m²a
		Días-Grado	
		Calefacción (HDD):	1966,27
		Refrigeración (CDD):	1443,03

Figura 118. Extracto del informe de Ecodesigner de dónde se pueden extraer los valores de energía primaria y de emisiones de CO₂. Fuente: propia

Para extraer el valor de I_r , hay que acudir a la tabla III.1 del documento “Calificación de la eficiencia energética de los edificios” del IDAE. De ella se obtiene, en la columna central, el valor de consumo de energía primaria no renovable sumando los valores de calefacción y de ACS, y de la columna más a la derecha, los valores de emisiones de CO₂.

Zona climática	Demanda [kWh/m² · año]		Consumo de EP _{nr} [kWh/m² · año]			Emisiones [kgCO _{2e} /m² · año]		
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	cal.	ref.	ACS
<i>Climas de la Península, Ceuta, Melilla e Islas Baleares</i>								
A3	23,60	21,70	34,20	22,10	9,63	7,50	5,40	2,33
A4	23,60	30,30	34,20	30,90	7,82	7,50	7,60	1,89
B3	33,50	21,70	48,50	22,10	11,39	10,70	5,40	2,76
B4	33,50	30,30	48,50	30,90	8,77	10,70	7,60	2,12
C1	53,30	-	77,20	-	19,54	17,00	-	4,73
C2	53,30	10,70	77,20	10,90	19,29	17,00	2,70	4,67
C3	53,30	21,70	77,20	22,10	11,05	17,00	5,40	2,68
C4	53,30	30,30	77,20	30,90	9,42	17,00	7,60	2,28
D1	78,00	-	113,10	-	20,16	25,00	-	4,88
D2	78,00	10,70	113,10	10,90	15,49	25,00	2,70	3,75
D3	78,00	21,70	113,10	22,10	11,16	25,00	5,40	2,70
E1	103,30	-	149,80	-	15,41	33,10	-	3,73

Figura 119. Tabla III.1. Valores de referencia para edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda) y tipo unifamiliar. Fuente: Calificación de la eficiencia energética de los edificios. IDAE.

$$I_r = 77,20 + 19,54 = 96,74 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \quad \text{para los valores de energía primaria.}$$

$$I_r = 17,00 + 4,73 = 21,73 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{año} \quad \text{para los valores de emisiones de CO}_2.$$

En la tabla III.5 se obtendrá el valor de R necesario para el cálculo.

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

ZCI	$R_{E,total}, R_{CEPnr,total}$ ZCV			
	1	2	3	4
α	1,60	1,60	1,60	1,60
A	1,60	1,60	1,60	1,60
B	1,60	1,60	1,60	1,55
C	1,50	1,50	1,55	1,55
D	1,45	1,50	1,50	-
E	1,45	-	-	-

Figura 120. Tabla III.5. Dispersiones en edificios nuevos de uso residencial privado. Fuente: Calificación de la eficiencia energética de los edificios. IDAE.

$$R = 1,50$$

Y por último, según los valores obtenidos de ArchiCAD:

$$I_0 = 120,74 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \quad \text{para la energía primaria no renovable.}$$

$$I_0 = 22,17 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{año} \quad \text{para las emisiones de CO}_2.$$

Si se introducen en las fórmulas:

$$C_1 = \frac{(R \cdot I_0 / \bar{I}_r) - 1}{2 \cdot (R - 1)} + 0,6 = \frac{(1,50 \cdot 120,74 / 96,74) - 1}{2 \cdot (1,50 - 1)} + 0,6 = 1,47$$

$$C_1 = \frac{(R \cdot I_0 / \bar{I}_r) - 1}{2 \cdot (R - 1)} + 0,6 = \frac{(1,50 \cdot 22,17 / 21,73) - 1}{2 \cdot (1,50 - 1)} + 0,6 = 1,13$$

Entrando con estos valores en la tabla 1 del documento, se obtienen los siguientes valores:

Calificación	Índice	
A		C1 < 0,15
B	0,15 ≤	C1 < 0,50
C	0,50 ≤	C1 < 1,00
D	1,00 ≤	C1 < 1,75
E	1,75 ≤	C1
		C2 < 1,00
F	1,75 ≤	C1
	1,00 ≤	C2 < 1,50
G	1,75 ≤	C1
	1,50 ≤	C2

Figura 121. Calificación de la eficiencia energética de los edificios. Fuente: Calificación de la eficiencia energética de los edificios. IDAE.

Obteniendo la siguiente calificación:

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA



Figura 122. Etiqueta de certificación energética según los valores obtenidos en ArchiCAD. Fuente: propia

6.4.2. Calificación a partir del archivo IFC en Cypetherm HE Plus

La obtención de la calificación resulta más directo que en ArchiCAD, ya que automáticamente el programa ofrece la calificación. En el Anexo II se facilita el informe completo fruto del cálculo en Cypetherm HE Plus.



Figura 123. Etiqueta de certificación energética según los valores obtenidos en Cypetherm HE Plus. Fuente: propia

INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

6.4.3. Calificación a partir de CE3X

También se realizó la certificación energética en la herramienta CE3X de forma independiente, para comprobar los resultados con respecto a los anteriores.



Figura 124. Etiqueta de certificación energética según los valores obtenidos en CE3X. Fuente: propia

6.4.4. Calificación a partir de HULC

También se realizó la certificación íntegramente e independientemente en HULC como valor de control del proceso.



Figura 125. Etiqueta de certificación energética según los valores obtenidos en HULC. Fuente: propia

7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se pueden consultar de forma resumida en la siguiente tabla.

Indicador	Cypetherm HE Plus		ArchiCAD		HULC		CE3X	
	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra
Demanda energía primaria no renovable kWh/m ² · año	138	D	121	D	117	D	158	E
Emisiones CO ₂ kg/m ² · año	29	D	22	D	25	D	33	E

Figura 126. Resultado de la calificación según indicadores y programas. Fuente: propia

Se puede observar que los valores calculados directamente por ArchiCAD son muy similares a los obtenidos por una herramienta oficial como HULC. En cambio, otra herramienta oficial como CE3X es el programa que más varía su resultado en comparación con el resto de programas utilizados.

Para comparar resultados, se realizó la certificación a partir de CE3X sin ningún tipo de importación de datos obteniendo un resultado y una calificación mayor a la obtenida por Cypetherm HE Plus y por ArchiCAD.

En cambio, al realizar la certificación en HULC de forma independiente, se obtienen valores casi idénticos a los de ArchiCAD, habiendo diferencias incluso con respecto a herramientas oficiales como CE3X y Cypetherm HE Plus.

8. CONCLUSIONES

Como conclusiones, en primer lugar se puede extraer que al campo de la certificación energética le queda mucho por avanzar. En la actualidad no existen muchas publicaciones que aborden este tema, y mucho menos dentro del marco normativo español.

Quizá uno de los aspectos más verdes dentro del panorama español es el de la interoperabilidad a través del formato estándar IFC no sólo a causa del desconocimiento de la forma correcta de hacerlo, ya que no consiste únicamente en darle a un botón de exportar, sino que además una de las cosas que más se escucha entre supuestos expertos BIM es que es un formato que no funciona. Esta afirmación es resultado más de rumores que corren de boca en boca más que de afirmaciones basadas en la práctica o en la realidad. Existen programas dentro de la metodología BIM que leen bien los formatos IFC y otros que lo hacen muy deficitariamente y en España en este sentido, queda mucho por desarrollar. Muchos de los usuarios por falta de información o debido a informaciones erróneas, escoge el software que funciona más deficitariamente en el intercambio de archivos en IFC, provocando frustración e ideas erróneas entre los profesionales del sector.

Es cierto que el formato IFC tiene que avanzar y que aún tiene un largo camino por recorrer, pero es totalmente funcional en muchos casos e indispensable en otros, como lo son la detección de colisiones.

Volviendo a la certificación energética en BIM, aunque bien es cierto que hay programas que permiten acercarse mucho a los resultados que nos proporcionan las herramientas oficiales de certificación energética, hay otros que distan mucho de acercarse a ellos, e incluso no tienen en cuenta aspectos indispensables, como lo son los puentes térmicos.

Por ejemplo, en Revit nos encontramos con que no obtenemos ningún valor de los que nos hacen falta para obtener una calificación energética, como son el consumo de energía primaria no renovable o las emisiones de CO₂. A pesar de que dentro de la empresa Autodesk disponen de varias soluciones para el análisis energético como son Insight o Green Building Studio, ninguno de éstos tienen en cuenta los puentes térmicos, por lo que resulta complicado recomendar algún programa de Autodesk para realizar la certificación directamente sobre él. Tenemos la opción de utilizar una extensión, ApliCAD, para conectar el modelo de Revit con HULC, pero su precio para la utilización de forma profesional es de 495 € al año. A pesar de que anuncian la posibilidad de utilizarlo durante 15 días de forma gratuita durante el período de prueba, el intento para utilizarlo resultó en fracaso debido a que no se obtuvo respuesta para la obtención de dicha licencia de prueba.

Cambiando a ArchiCAD, encontramos que tenemos la opción usar la extensión que conecta directamente en Lider de forma gratuita, aunque como pudimos comprobar en el presente trabajo no funciona de forma correcta. Sin embargo, queda abierta la posibilidad de que funcione en geometrías más sencillas. En cuanto a realizar la certificación directamente en Ecodesigner de ArchiCAD, podemos ver que, cambiando las opciones y configuración a los marcados por los documentos de apoyo o por la normativa española, se obtienen resultados muy cercanos a los que se obtienen mediante las herramientas oficiales a pesar de tener motores de cálculo distintos. De confirmarse éstos resultados a lo largo de más pruebas en distintas casuísticas, sería la

forma más rápida y que menos esfuerzo supondría a una empresa para realizar una certificación energética ajustada a la normativa española, ya que dispondríamos del modelo directamente del proyecto y simplemente habría que añadir los datos necesarios para obtener los datos. También cuenta con la ventaja de poder exportar todos los datos necesarios a una hoja de cálculo oficial del PHPP, para obtener la certificación Passivhaus en caso de cumplirla.

Sin embargo, como resulta necesario obtener una certificación energética a través de una herramienta oficial reconocida, deberemos acudir a la interoperabilidad para transferir los datos a una herramienta reconocida. El caso más directo, sería la importación del IFC obtenido a través de los programas de modelado a la recientemente reconocida como herramienta oficial Cypetherm HE Plus.

Es muy importante no realizar la exportación a IFC directamente con las opciones por defecto, ya que no obtendremos un modelo con todos los elementos necesarios.

A pesar de ello la importación del IFC de Revit resultó problemática, y requeriría de trabajo adicional para completar el modelo, mientras que con el IFC de ArchiCAD se obtiene el modelo tal cual necesitando pequeños ajustes o la inclusión manual de todas las ventanas. Una vez realizado estos pasos, se obtienen unos resultados de cálculo muy similares a los de la herramienta Ecodesigner de ArchiCAD.

9. POSIBLE CONTINUACIÓN O ALTERNATIVAS A ESTA INVESTIGACIÓN

La realización de este trabajo fin de máster abre la posibilidad a nuevas alternativas o una continuación a la labor realizada en el mismo. En primer lugar, se establecen unas pautas para, en programas como ArchiCAD y Revit, introducir los datos correspondientes a los valores dados por la normativa española y toda su documentación adjunta.

En segundo lugar, se expone como realizar una correcta interoperabilidad para traspasar un modelo BIM a una herramienta oficial de certificación.

En tercer lugar, se establece una comparación del resultado de una herramienta no reconocida como oficial en el ámbito español para la certificación energética con otras que sí lo son.

Una de las continuaciones, y la más clara, es realizar una comprobación pormenorizada de la exactitud de los datos proporcionados por Ecodesigner de ArchiCAD comparándolos con los distintos métodos reconocidos y estableciendo el margen de diferencia. ¿La diferencia es siempre fija en las distintas hipótesis o es variable? ¿La cercanía de resultados entre ArchiCAD y HULC es la tónica general en distintas hipótesis?

Otra posible dirección, es utilizar otras herramientas que permitan exportar a las herramientas oficiales. ¿Se obtienen los mismos resultados llegando al mismo punto mediante programas distintos?

Teniendo en cuenta las diferencias de las herramientas reconocidas y no reconocidas, ¿cuál se ajusta más a la realidad?

En el caso de que esa posible futura investigación contase con fondos que lo apoyen, ¿qué resultado daría el uso de la extensión ApliCAD para Revit?

10. BIBLIOGRAFÍA

1. *Los 8 mitos del BIM. La verdadera respuesta a los mitos.* **Romero Fernández, José y Garrido Iglesias, André.** nº37, A Coruña : COATIEAC, 2018. ISSN: 2174-5390.
2. **Romero Fernández, José.** *La gestión y calidad del proyecto BIM y su ciclo de vida.* A Coruña : 2016.
3. **EASTMAN, CHUCK, y otros.** *Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.* s.l. : John Wiley & Sons Ltd, 2011.
4. **Unión Europea.** Directiva 2002/91/CE. *relativa a la eficiencia energética de los edificios.* 2002. Vol. Diario Oficial de la Unión Europea, L 1, 16 de diciembre de 2002, pp. 65-71.
5. —. Directiva 2012/27/UE. *relativa a la eficiencia energética.* Vol. Diario Oficial de la Unión Europea, L 315, 25 de octubre de 2012, pp. 1-56.
6. **Penas López, Daniel.** *Estudio y análisis de la Certificación energética en Europa aplicada a un edificio de viviendas y apartamento.* A Coruña : Universidade da Coruña, 2015.
7. **García, Agustín.** *La Certificación Energética de edificios: herramientas y aplicaciones.* *comunidadism.* [En línea] 8 de junio de 2017. [Citado el: 23 de junio de 2018.] <http://www.comunidadism.es/blogs/la-certificacion-energetica-de-edificios-herramientas-y-aplicaciones>.
8. **IDAE.** 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. [En línea] 20 de junio de 2014. [Citado el: 27 de julio de 2018.] http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf.
9. **INEGA.** Balance enerxético de Galicia 2015. [En línea] Marzo de 2018. [Citado el: 27 de julio de 2018.] http://www.inega.gal/descargas/publicacions/Balance_enerxetico_Galicia_2015_gal.pdf.
10. **IDAE.** Calificación de la eficiencia energética de los edificios. [En línea] [Citado el: 3 de agosto de 2018.] <http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/20150728%20-%20Calificación%20de%20la%20eficiencia%20energética%20de%20los%20edificios.pdf>.
11. **Unión Europea.** Directiva 2010/31/UE. *relativa a la eficiencia energética de los edificios.* Vol. Diario Oficial de la Unión Europea, L 153, 19 de mayo de 2010, pp. 13-35.

ANEXO I. INFORME DE EVALUACIÓN DE
ECODESIGNER (ARCHICAD)

Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

Valores Clave

Datos generales del proyecto

Nombre Proyecto: Vivienda A v21 v2 ...
 Ubicación Ciudad:
 Latitud: 43° 21' 6" N
 Longitud: 8° 24' 26" O
 Altitud: 0,00 m
 Origen de Datos Climáticos: ESP_La...ento.epw
 Fecha de Evaluación: 04/09/2018 10:46:20

Datos de geometría del edificio

Área bruta de la planta: **248,78** m²
 Área de Suelo Tratado: **228,84** m²
 Área del Envoltente Exterior: **281,72** m²
 Volumen ventilado: **382,41** m³
 Ratio acristalamiento: **10** %

Datos de rendimiento de la estructura

Infiltración a 50Pa: **11,53** AAH

Coefficientes de transfer.

Valor U [W/m²K]
 Promedio Edificio Entero: **0,92**
 Pavimentos: **1,90 - 1,90**
 Externo: **0,29 - 8,33**
 Subterráneo: --
 Aberturas: **2,19 - 3,82**

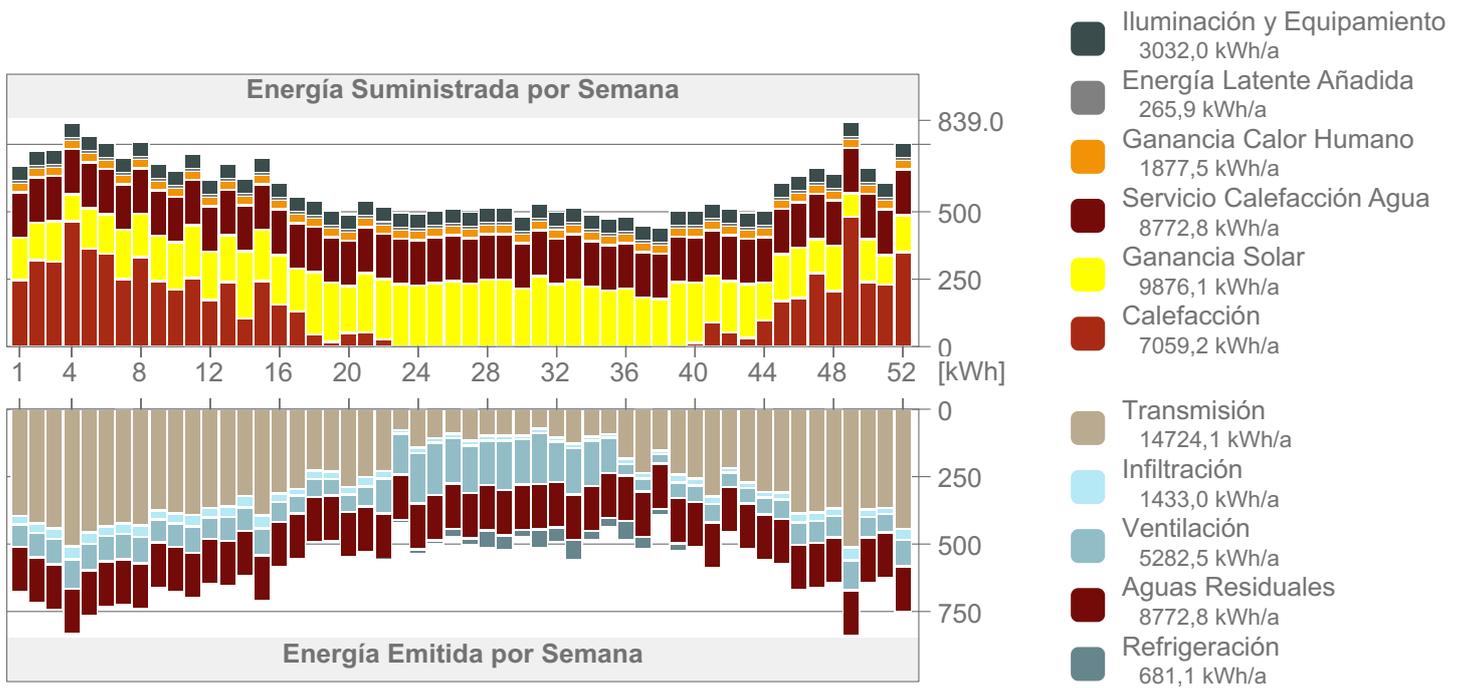
Valores Anuales Específicos

Energía calorífica Neta: **30,85** kWh/m²a
 Energía refrigerante Neta: **2,98** kWh/m²a
 Energía Neta Total: **33,82** kWh/m²a
 Consumo de Energía: **85,41** kWh/m²a
 Consumo de Combustible: **83,54** kWh/m²a
 Energía Primaria: **120,74** kWh/m²a
 Coste Combustible: **5,63** EUR/m²a
 Emisión CO₂: **22,17** kg/m²a

Días-Grado

Calefacción (HDD): **1966,27**
 Refrigeración (CDD): **1443,03**

Balance Energético del Proyecto



Bloques Térmicos

Bloque Térmico	Zonas Asignado	Perfil de Operación	Área Bruta de la m ²	Volumen m ³
001 Baño 1 y 2	2	00 Baño 1 y 2	12,24	26,23
002 Cocina	1	01 Cocina	11,48	22,93
003 Dormitorio 2	1	02 Dormitorio 2	13,32	29,99
004 Dorm. invitados y Dorm. 1	2	03 Dorm. invitado...	26,49	55,50
005 Dormitorio principal	1	04 Dormitorio prin...	14,85	32,90
006 Lavadero	1	05 Lavadero	4,88	8,03
007 Salas de estar y comedores	1	06 Salas de estar ...	21,22	43,68

Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

Bloque Térmico	Zonas Asignado	Perfil de Operación	Área Bruta de la m ²	Volumen m ³
008 Pasillos	4	07 Pasillos	20,34	87,38
009 No acondicionados	12	No acondicionado	123,96	75,77
Total:	25		248,78	382,41

001 Baño 1 y 2 - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coefficientes de transfer.	Valor U	[W/m ² K]
Área bruta de la planta:	12,24	m ²	Pavimentos:	1,90 - 1,90	
Área suelo tratado	10,28	m ²	Externo:	0,45 - 0,57	
Área de estruct. compleja:	21,43	m ²	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	26,23	m ³	Aberturas:	2,86 - 3,69	
Ratio acristalamiento:	6	%			
Temperatura Interna			Provisiones Anuales		
Min. (08:00 Jun 16):	15,04	°C	Calefacción:	1114,29	kWh
Media Anual:	19,62	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (18:00 Sep 09):	24,62	°C	Picos de Carga		
Horas de carga no satisfechas			Calefacción (09:00 Ene 23):	0,86	kW
Calefacción:	208	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	0	hrs/a			

002 Cocina - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coefficientes de transfer.	Valor U	[W/m ² K]
Área bruta de la planta:	11,48	m ²	Pavimentos:	1,90 - 1,90	
Área suelo tratado	9,55	m ²	Externo:	0,45 - 0,45	
Área de estruct. compleja:	13,68	m ²	Subterráneo:	-	
Volumen ventilado:	22,93	m ³	Aberturas:	2,86 - 2,95	
Ratio acristalamiento:	21	%			
Temperatura Interna			Provisiones Anuales		
Min. (07:00 Jun 02):	14,78	°C	Calefacción:	805,29	kWh
Media Anual:	19,56	°C	Refrigeración:	0,00	kWh
Max. (19:00 Sep 10):	24,70	°C	Picos de Carga		
Horas de carga no satisfechas			Calefacción (09:00 Ene 31):	0,74	kW
Calefacción:	213	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración:	0	hrs/a			

Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

003 Dormitorio 2 - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	13,32	m²	Pavimentos:	-	-	
Área suelo tratado	11,11	m²	Externo:	0,45 - 8,33		
Área de estruct. compleja:	17,76	m²	Subterráneo:	-		
Volumen ventilado:	29,99	m³	Aberturas:	2,86 - 2,86		
Ratio acristalamiento:	6	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (07:00 Jun 02):	13,54	°C	Calefacción:	508,18	kWh	
Media Anual:	20,28	°C	Refrigeración:	6,92	kWh	
Max. (16:00 Sep 08):	26,70	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	107	hrs/a	Calefacción (09:00 Dic 06):	0,64	kW	
Refrigeración:	0	hrs/a	Refrigeración (17:00 Sep 11):	0,25	kW	

004 Dorm. invitados y Dorm. 1 - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	26,49	m²	Pavimentos:	1,90 - 1,90		
Área suelo tratado	21,76	m²	Externo:	0,45 - 0,45		
Área de estruct. compleja:	36,50	m²	Subterráneo:	-		
Volumen ventilado:	55,50	m³	Aberturas:	2,86 - 2,95		
Ratio acristalamiento:	16	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (07:00 Jun 02):	14,17	°C	Calefacción:	1411,02	kWh	
Media Anual:	20,04	°C	Refrigeración:	6,16	kWh	
Max. (16:00 Sep 09):	26,07	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	171	hrs/a	Calefacción (09:00 Ene 31):	1,36	kW	
Refrigeración:	0	hrs/a	Refrigeración (17:00 Sep 09):	0,33	kW	

005 Dormitorio principal - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	14,85	m²	Pavimentos:	-	-	
Área suelo tratado	12,77	m²	Externo:	0,45 - 0,45		
Área de estruct. compleja:	18,49	m²	Subterráneo:	-		
Volumen ventilado:	32,90	m³	Aberturas:	2,42 - 2,96		
Ratio acristalamiento:	25	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (07:00 Jun 16):	16,94	°C	Calefacción:	469,72	kWh	
Media Anual:	21,90	°C	Refrigeración:	130,92	kWh	
Max. (15:00 Sep 08):	34,07	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	135	hrs/a	Calefacción (09:00 Ene 31):	0,83	kW	
Refrigeración:	48	hrs/a	Refrigeración (17:00 Sep 11):	1,09	kW	

Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

006 Lavadero - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	4,88	m²	Pavimentos:		1,90 - 1,90	
Área suelo tratado	3,35	m²	Externo:		0,45 - 0,57	
Área de estruct. compleja:	15,05	m²	Subterráneo:		-	
Volumen ventilado:	8,03	m³	Aberturas:		2,53 - 2,53	
Ratio acristalamiento:	17	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (07:00 Jun 02):	13,57	°C	Calefacción:		1002,74	kWh
Media Anual:	19,03	°C	Refrigeración:		0,00	kWh
Max. (19:00 Sep 10):	24,28	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	243	hrs/a	Calefacción (09:00 Ene 31):		0,59	kW
Refrigeración:	0	hrs/a	Refrigeración (01:00 Ene 01):		0,00	kW

007 Salas de estar y comedores - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	21,22	m²	Pavimentos:		1,90 - 1,90	
Área suelo tratado	18,20	m²	Externo:		0,45 - 0,45	
Área de estruct. compleja:	21,78	m²	Subterráneo:		-	
Volumen ventilado:	43,68	m³	Aberturas:		2,71 - 2,95	
Ratio acristalamiento:	24	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (07:00 Jun 16):	16,45	°C	Calefacción:		632,24	kWh
Media Anual:	21,49	°C	Refrigeración:		214,13	kWh
Max. (16:00 Sep 08):	31,10	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	150	hrs/a	Calefacción (09:00 Ene 31):		1,08	kW
Refrigeración:	42	hrs/a	Refrigeración (17:00 Sep 08):		1,43	kW

008 Pasillos - Valores Clave

Datos de la Geometría			Coeficientes de transfer.		Valor U	[W/m²K]
Área bruta de la planta:	20,34	m²	Pavimentos:		1,90 - 1,90	
Área suelo tratado	17,86	m²	Externo:		0,45 - 8,33	
Área de estruct. compleja:	23,05	m²	Subterráneo:		-	
Volumen ventilado:	87,38	m³	Aberturas:		2,19 - 3,82	
Ratio acristalamiento:	18	%				
Temperatura Interna			Provisiones Anuales			
Min. (07:00 Feb 17):	17,00	°C	Calefacción:		1115,74	kWh
Media Anual:	21,17	°C	Refrigeración:		322,94	kWh
Max. (19:00 May 13):	28,93	°C				
Horas de carga no satisfechas			Picos de Carga			
Calefacción:	154	hrs/a	Calefacción (09:00 Ene 31):		1,47	kW
Refrigeración:	22	hrs/a	Refrigeración (18:00 Ago 16):		1,96	kW

Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

009 No acondicionados - Valores Clave

Datos de la Geometría

Área bruta de la planta:	123,96	m ²
Área suelo tratado	123,96	m ²
Área de estruct. compleja:	113,97	m ²
Volumen ventilado:	75,77	m ³
Ratio acristalamiento:	0	%

Temperatura Interna

Min. (11:00 Dic 06):	12,84	°C
Media Anual:	19,27	°C
Max. (20:00 Ago 16):	28,33	°C

Horas de carga no satisfechas

Calefacción:	0	hrs/a
Refrigeración:	0	hrs/a

Coefficientes de transfer.

Pavimentos:	-	Valor U	[W/m ² K]
Externo:	0,29 - 3,82		
Subterráneo:	-		
Aberturas:	-		

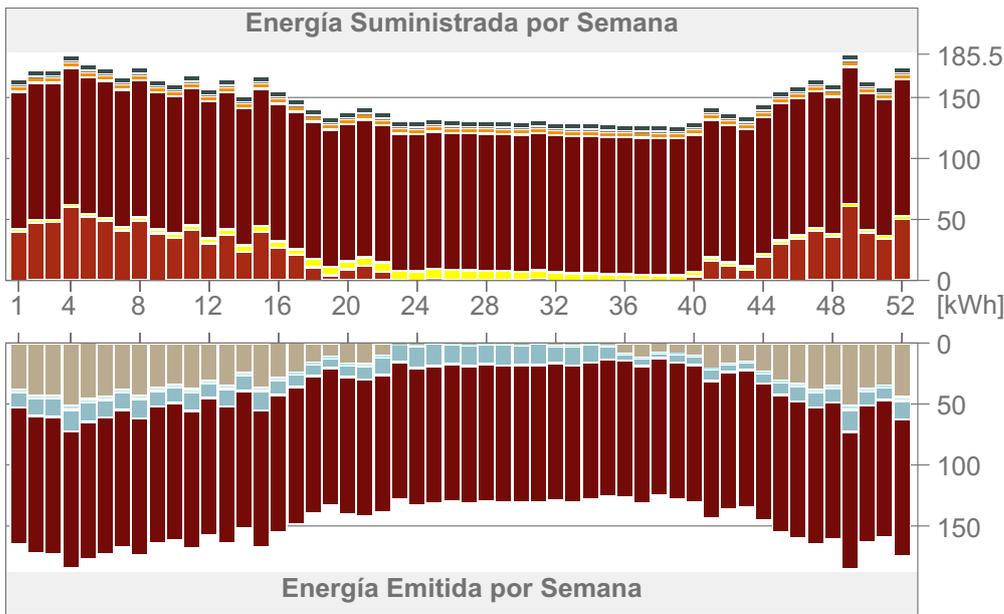
Provisiones Anuales

Calefacción:	0,00	kWh
Refrigeración:	0,00	kWh

Picos de Carga

Calefacción (01:00 Ene 01):	0,00	kW
Refrigeración (01:00 Ene 01):	0,00	kW

001 Baño 1 y 2 Nivel de Energía

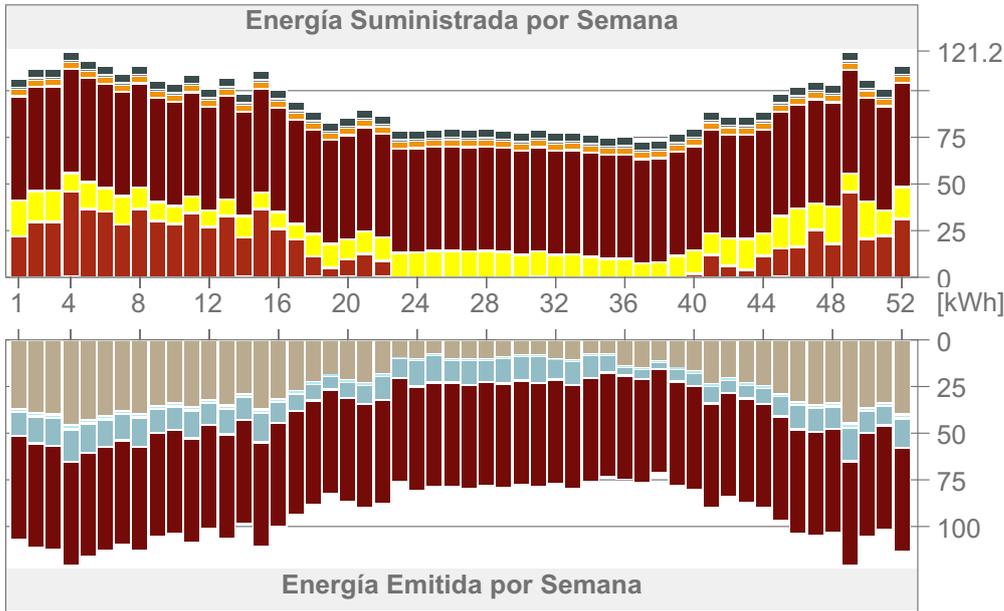


- Iluminación y Equipamiento
297,3 kWh/a
- Energía Latente Añadida
26,1 kWh/a
- Ganancia Calor Humano
221,8 kWh/a
- Servicio Calefacción Agua
5868,2 kWh/a
- Ganancia Solar
234,9 kWh/a
- Calefacción
1114,3 kWh/a
- Transmisión
1157,4 kWh/a
- Infiltración
80,5 kWh/a
- Ventilación
656,6 kWh/a
- Aguas Residuales
5868,2 kWh/a

Evaluación del Rendimiento Energético

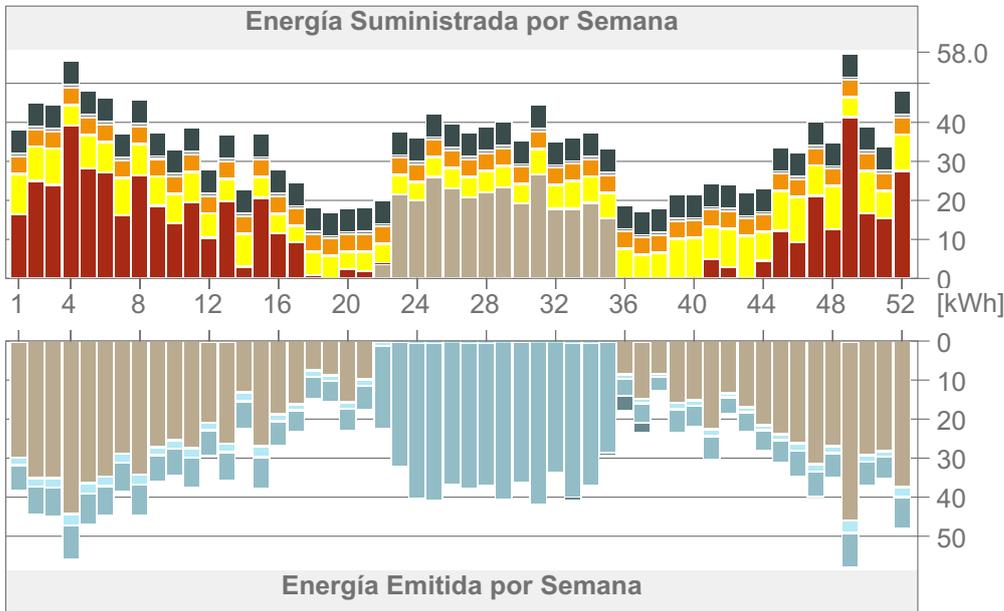
TFM André Garrido Iglesias

002 Cocina Nivel de Energía



- Iluminación y Equipamiento 276,2 kWh/a
- Energía Latente Añadida 24,2 kWh/a
- Ganancia Calor Humano 205,8 kWh/a
- Servicio Calefacción Agua 2904,6 kWh/a
- Ganancia Solar 666,5 kWh/a
- Calefacción 805,3 kWh/a
- Transmisión 1308,0 kWh/a
- Infiltración 53,3 kWh/a
- Ventilación 617,1 kWh/a
- Aguas Residuales 2904,6 kWh/a

003 Dormitorio 2 Nivel de Energía

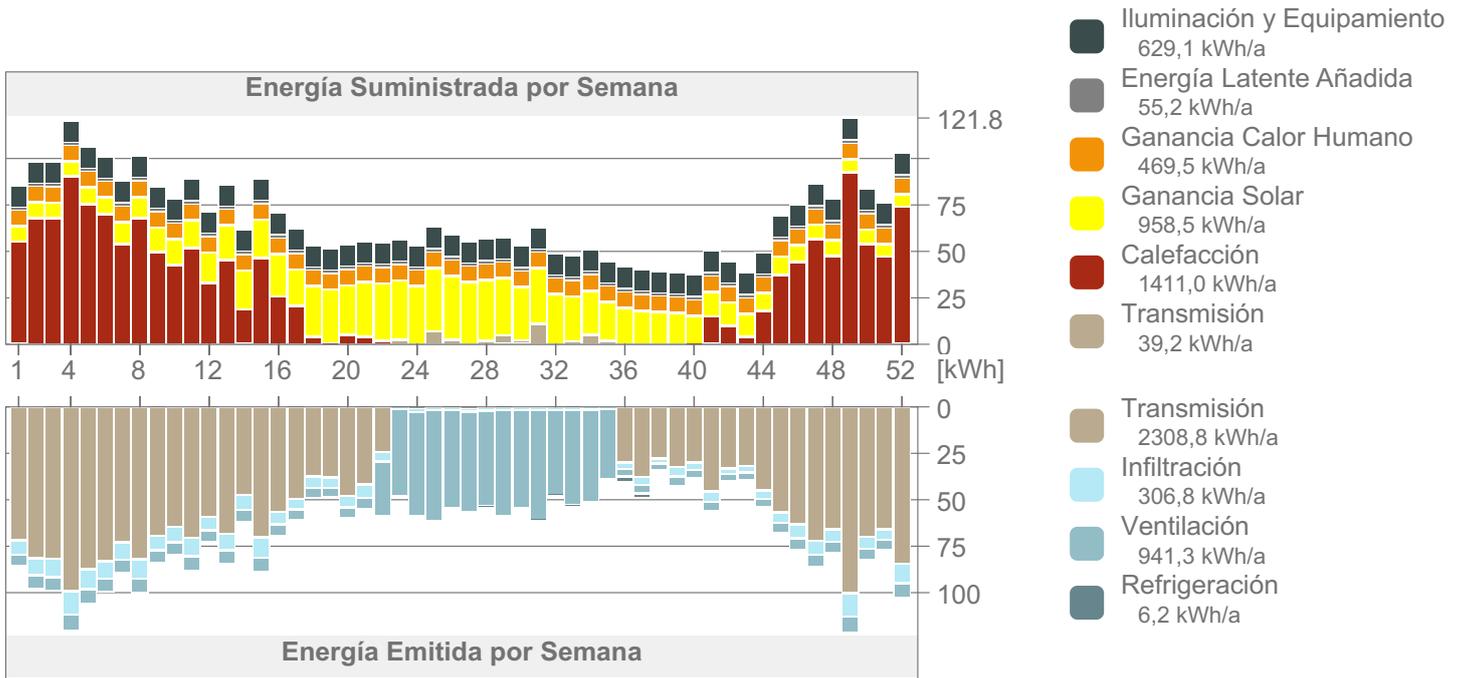


- Iluminación y Equipamiento 321,1 kWh/a
- Energía Latente Añadida 28,2 kWh/a
- Ganancia Calor Humano 239,8 kWh/a
- Ganancia Solar 375,3 kWh/a
- Calefacción 508,2 kWh/a
- Transmisión 277,7 kWh/a
- Transmisión 917,1 kWh/a
- Infiltración 76,9 kWh/a
- Ventilación 749,9 kWh/a
- Refrigeración 6,9 kWh/a

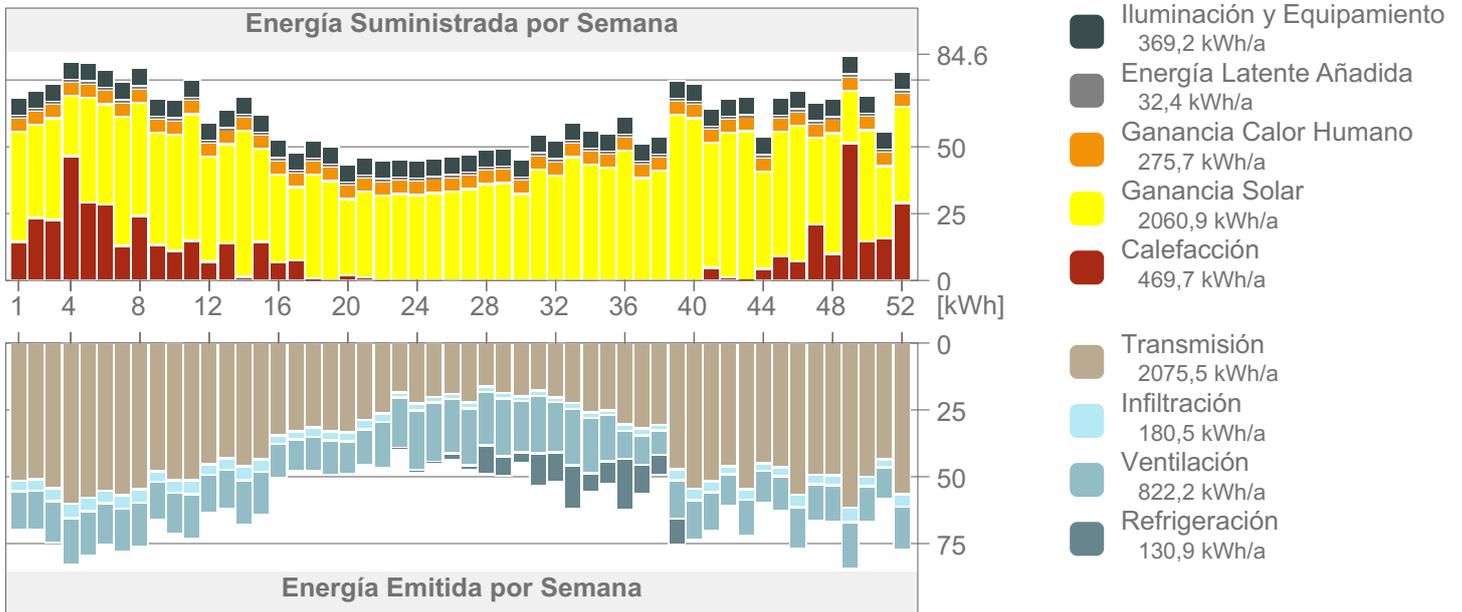
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

004 Dorm. invitados y Dorm. 1 Nivel de Energía



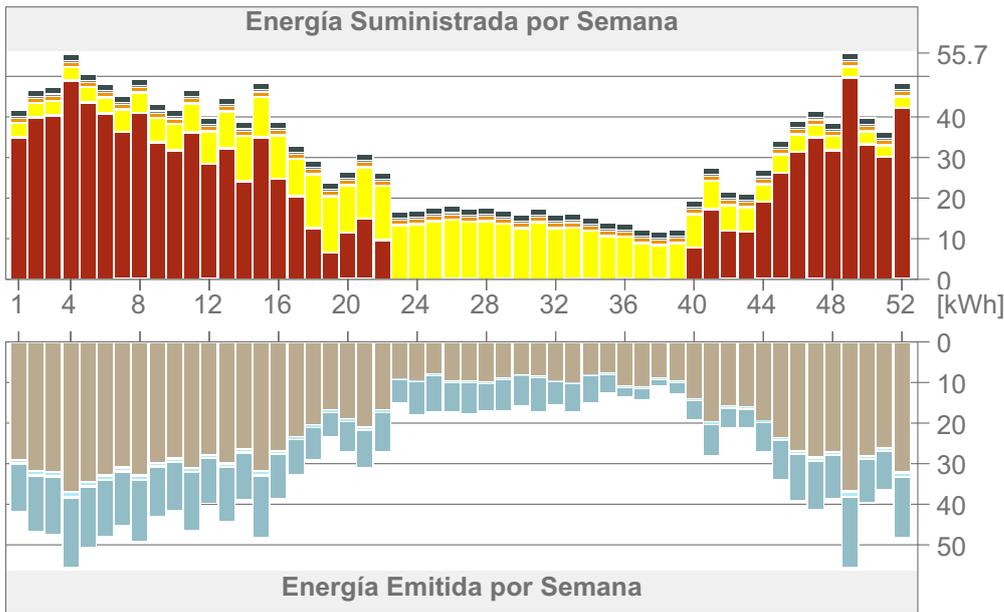
005 Dormitorio principal Nivel de Energía



Evaluación del Rendimiento Energético

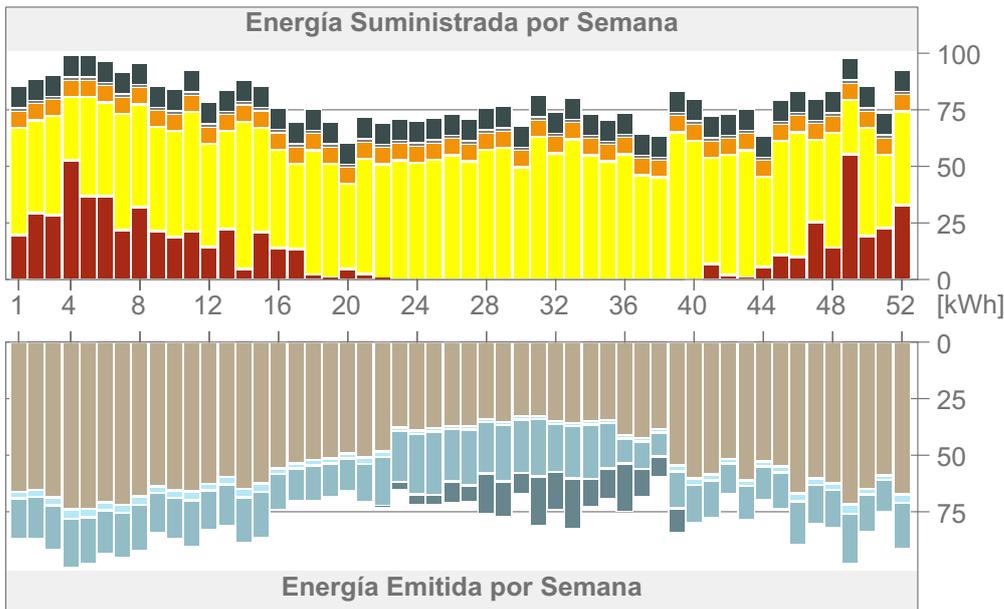
TFM André Garrido Iglesias

006 Lavadero Nivel de Energía



- Iluminación y Equipamiento
96,8 kWh/a
- Energía Latente Añadida
8,5 kWh/a
- Ganancia Calor Humano
72,2 kWh/a
- Ganancia Solar
442,9 kWh/a
- Calefacción
1002,7 kWh/a
- Transmisión
1089,0 kWh/a
- Infiltración
27,9 kWh/a
- Ventilación
506,3 kWh/a

007 Salas de estar y comedores Nivel de Energía

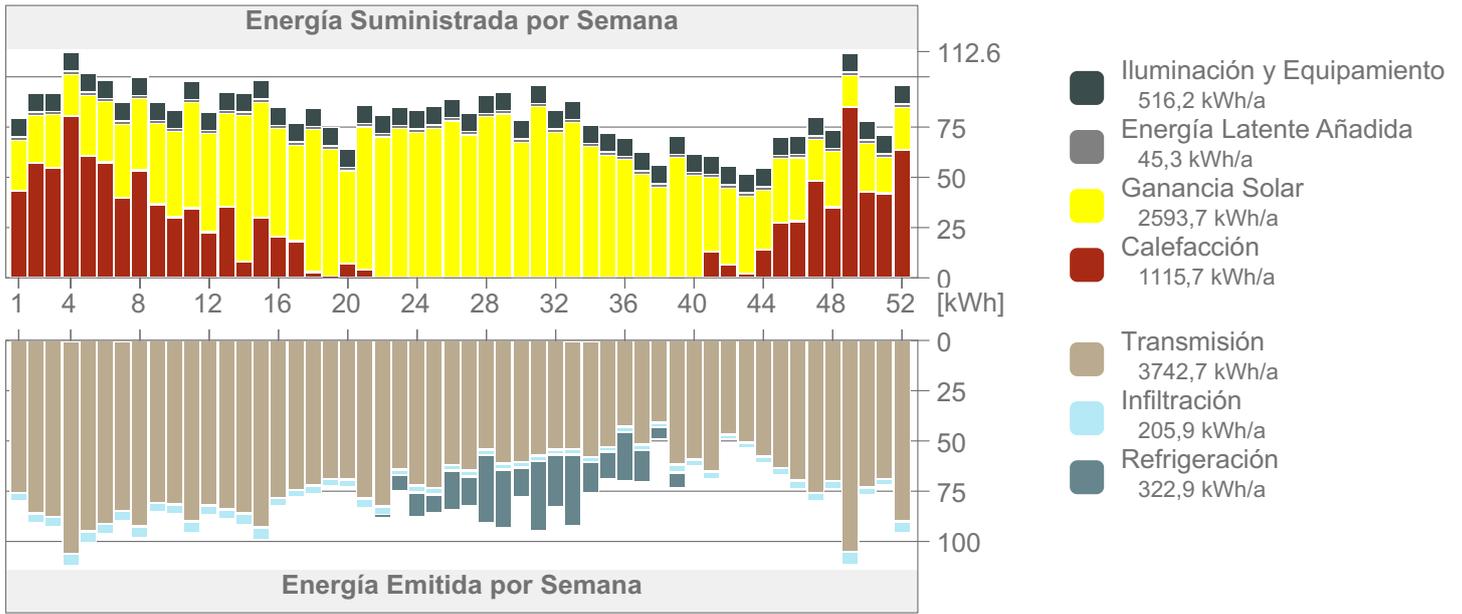


- Iluminación y Equipamiento
526,1 kWh/a
- Energía Latente Añadida
46,1 kWh/a
- Ganancia Calor Humano
392,6 kWh/a
- Ganancia Solar
2543,4 kWh/a
- Calefacción
632,2 kWh/a
- Transmisión
2811,4 kWh/a
- Infiltración
127,1 kWh/a
- Ventilación
989,1 kWh/a
- Refrigeración
214,1 kWh/a

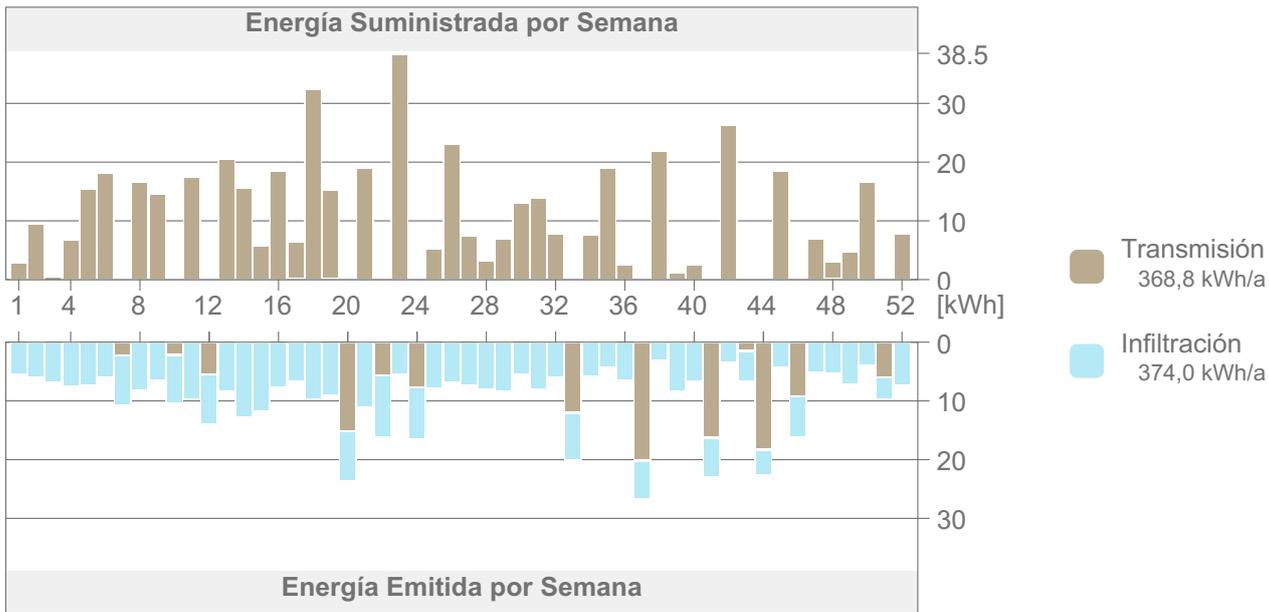
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

008 Pasillos Nivel de Energía



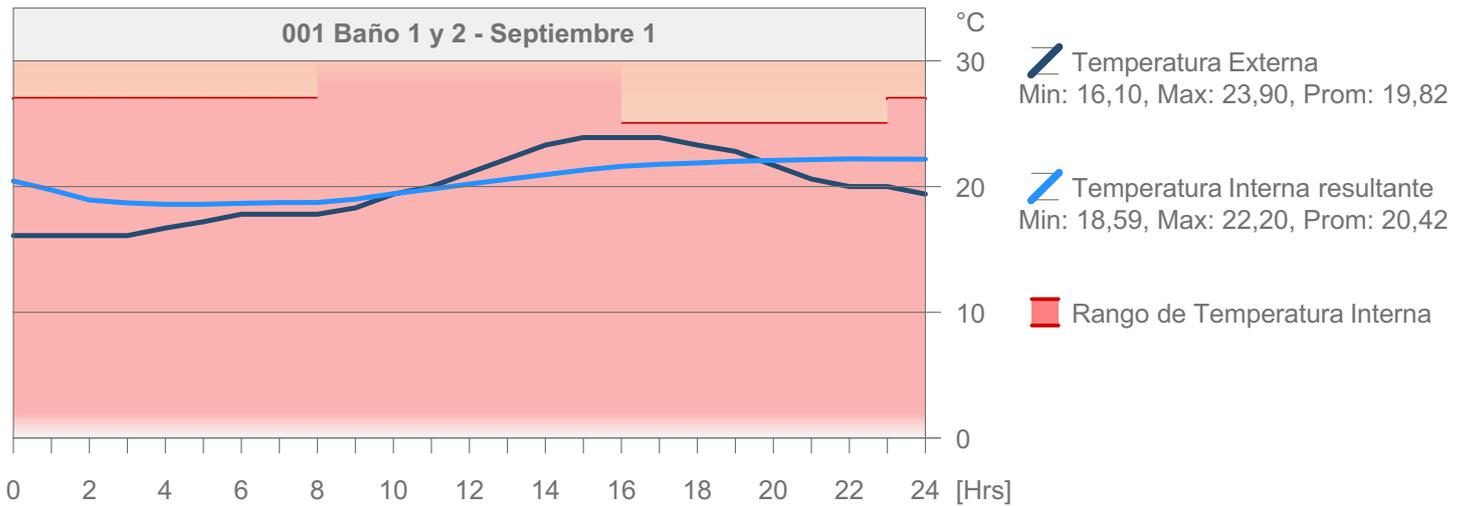
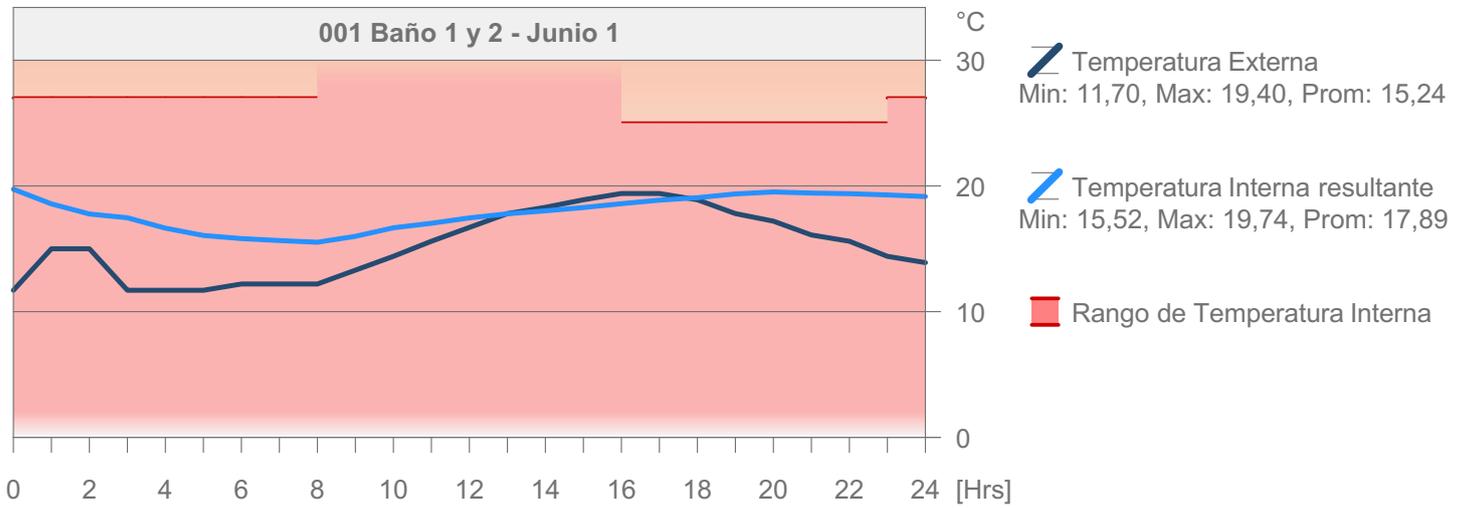
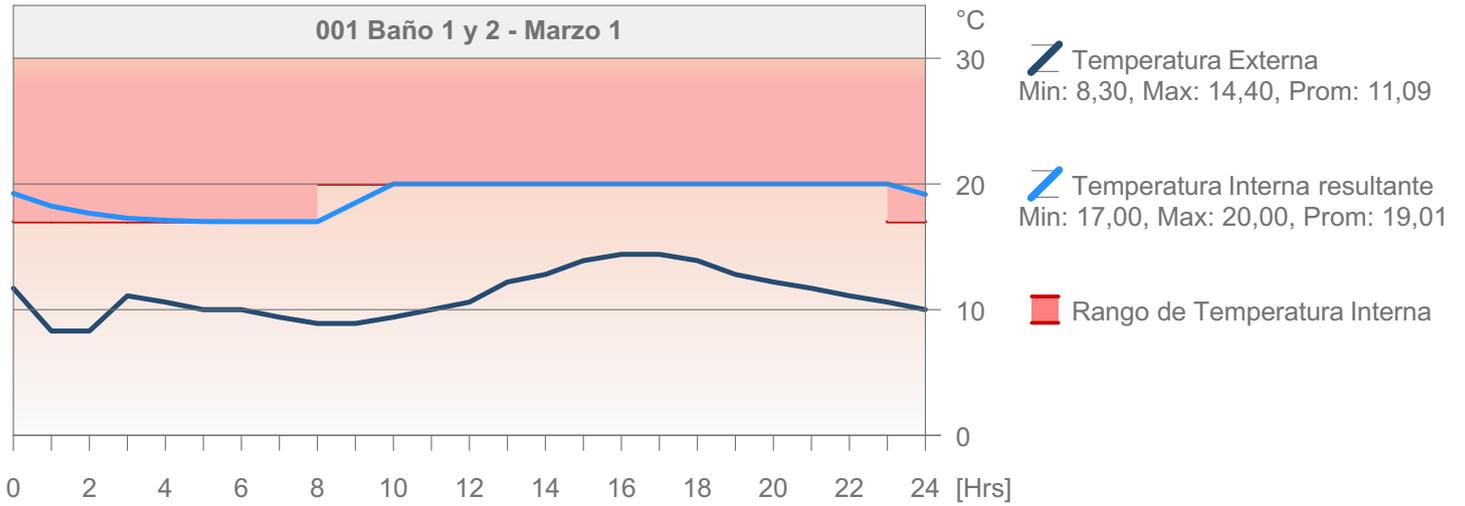
009 No acondicionados Nivel de Energía



Evaluación del Rendimiento Energético

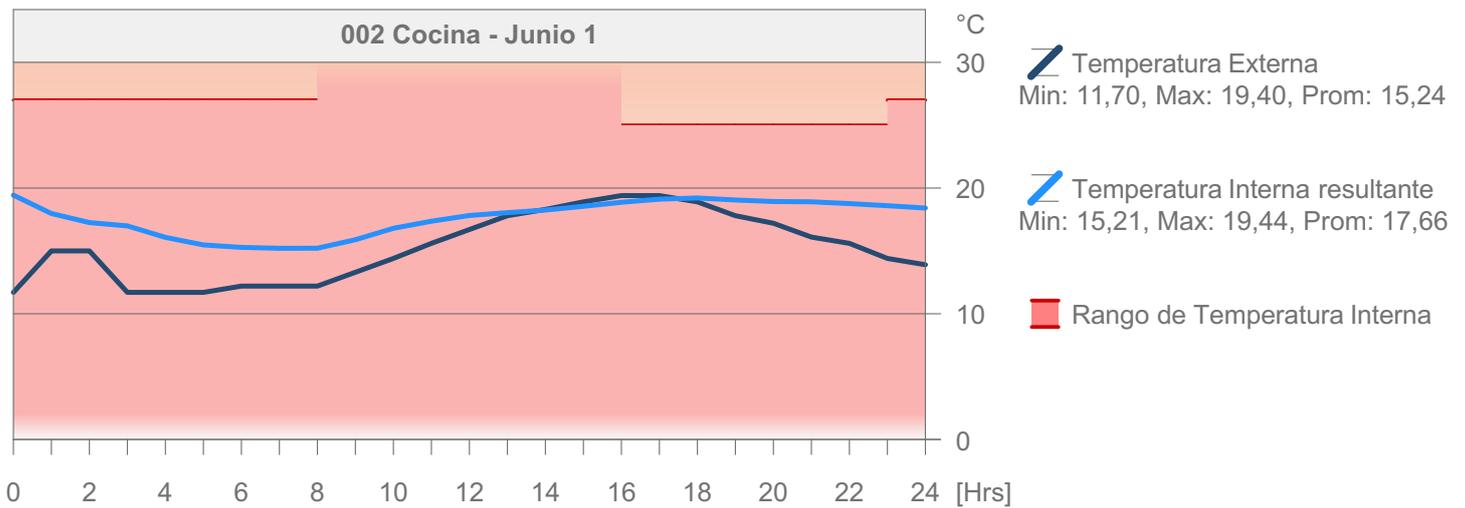
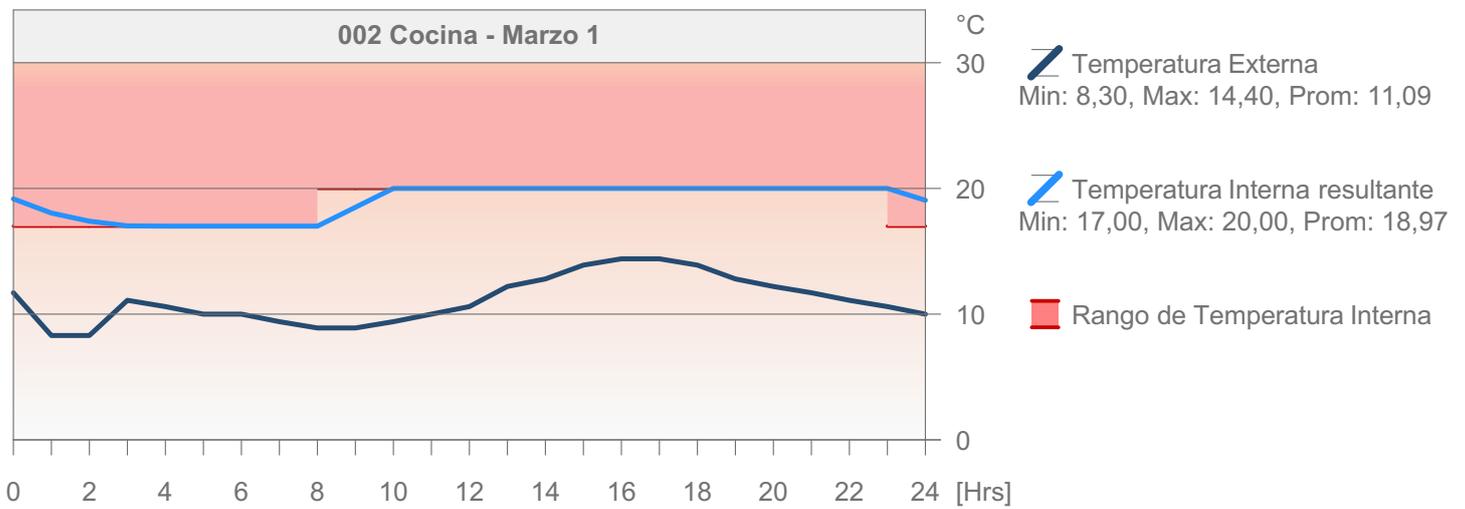
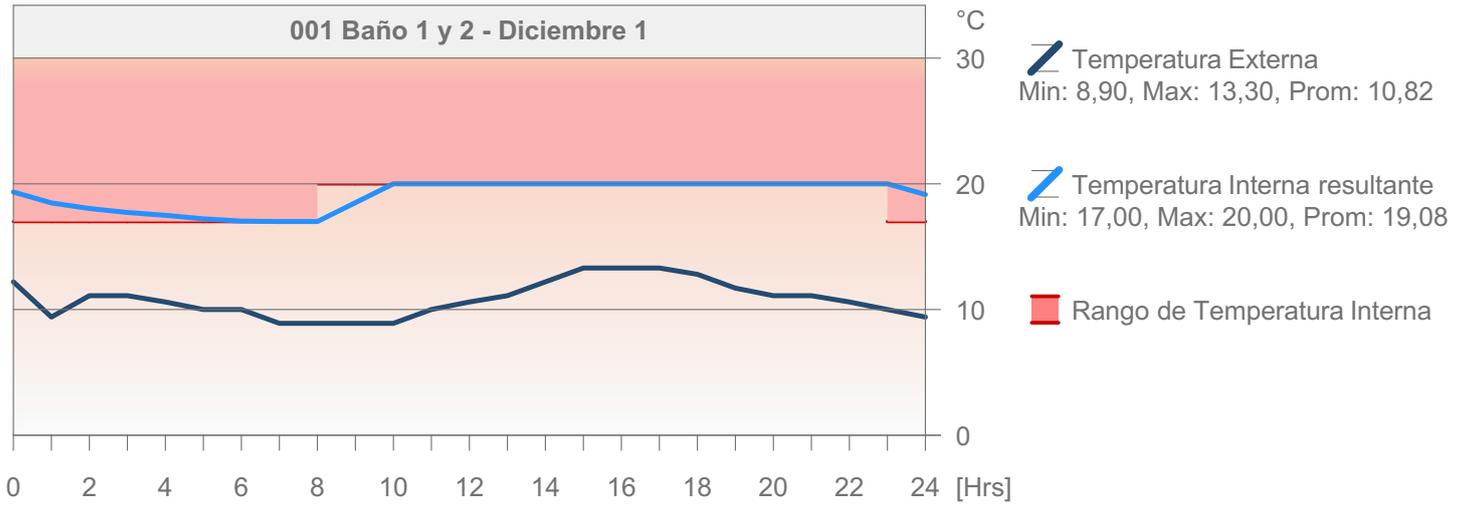
TFM André Garrido Iglesias

Perfil de Temperatura Diaria



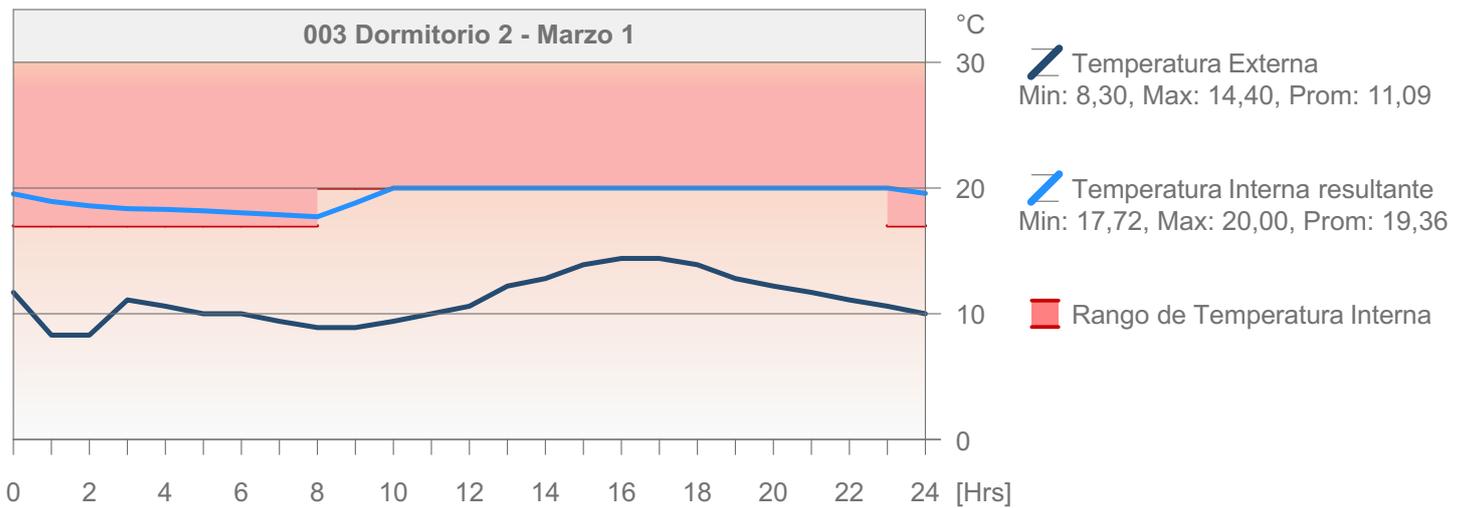
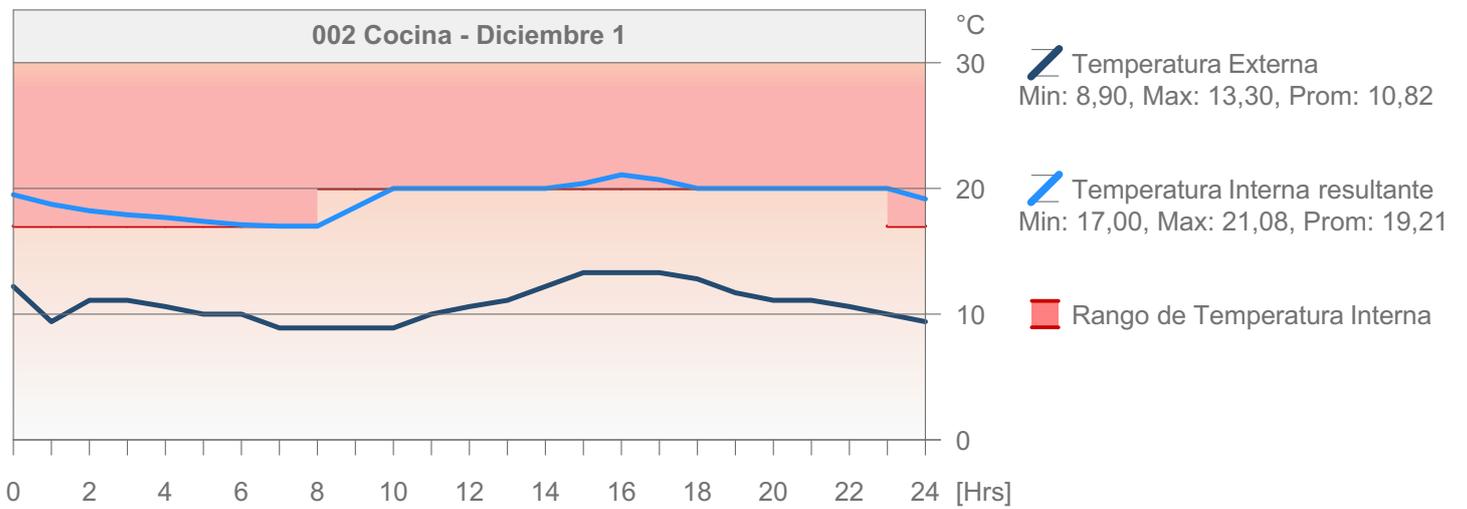
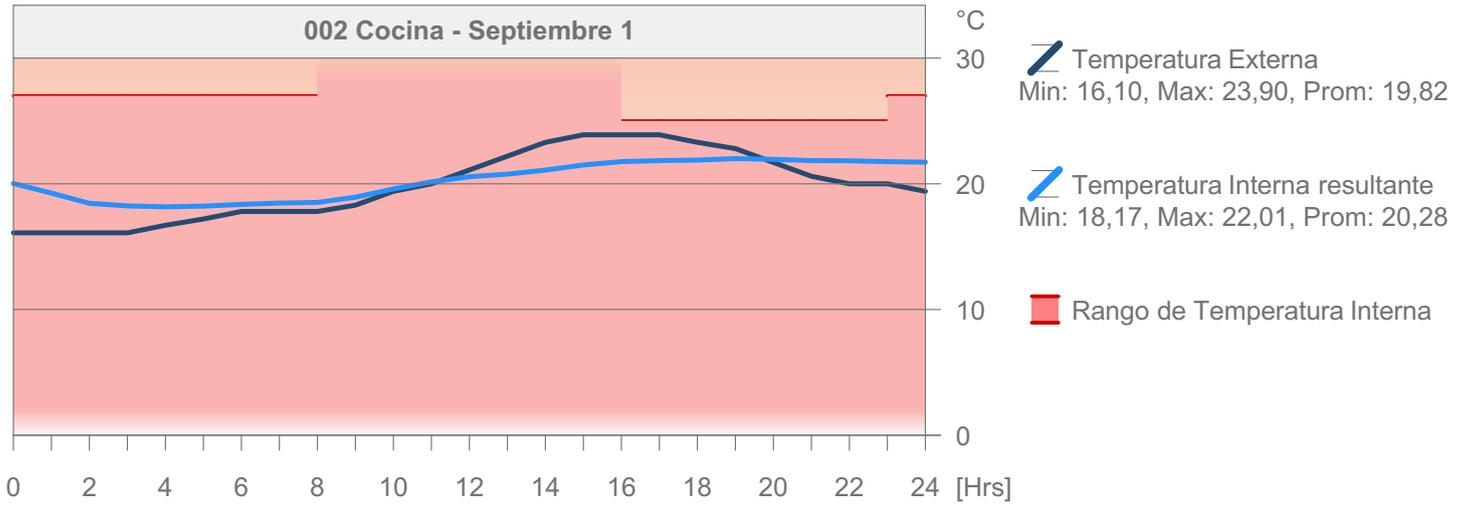
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



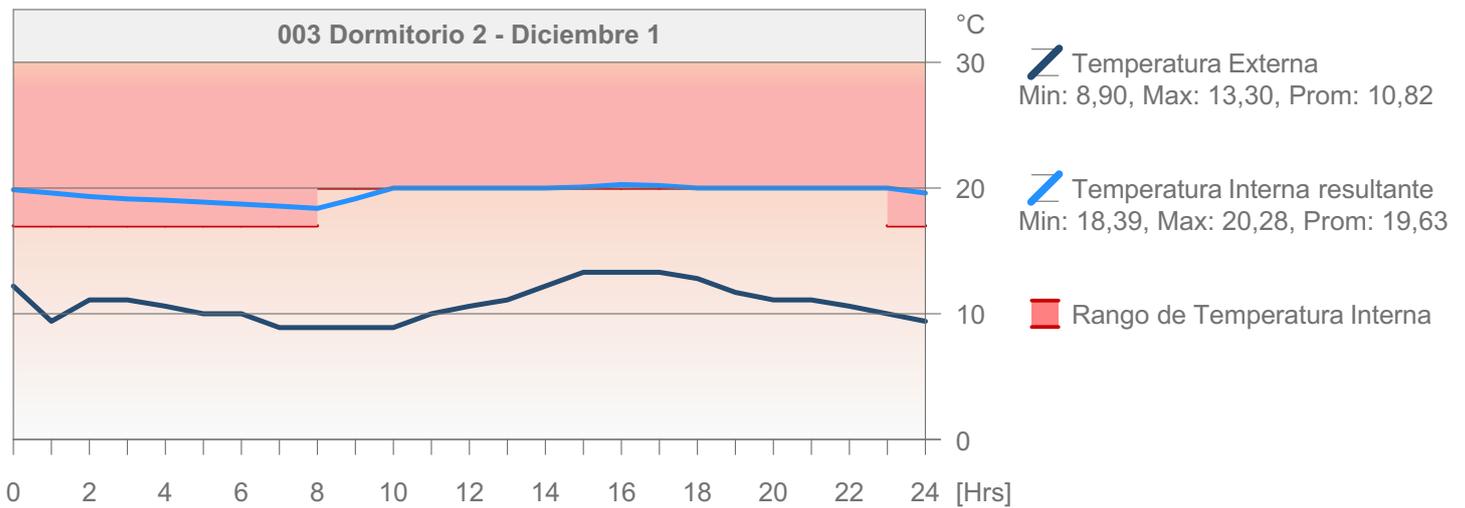
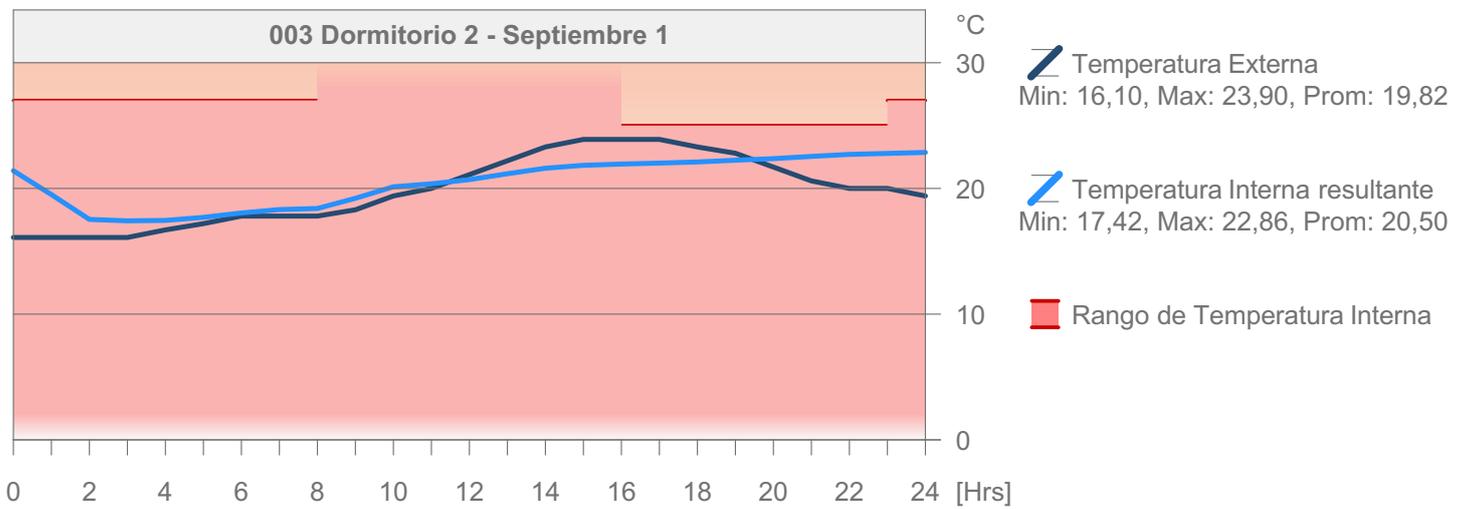
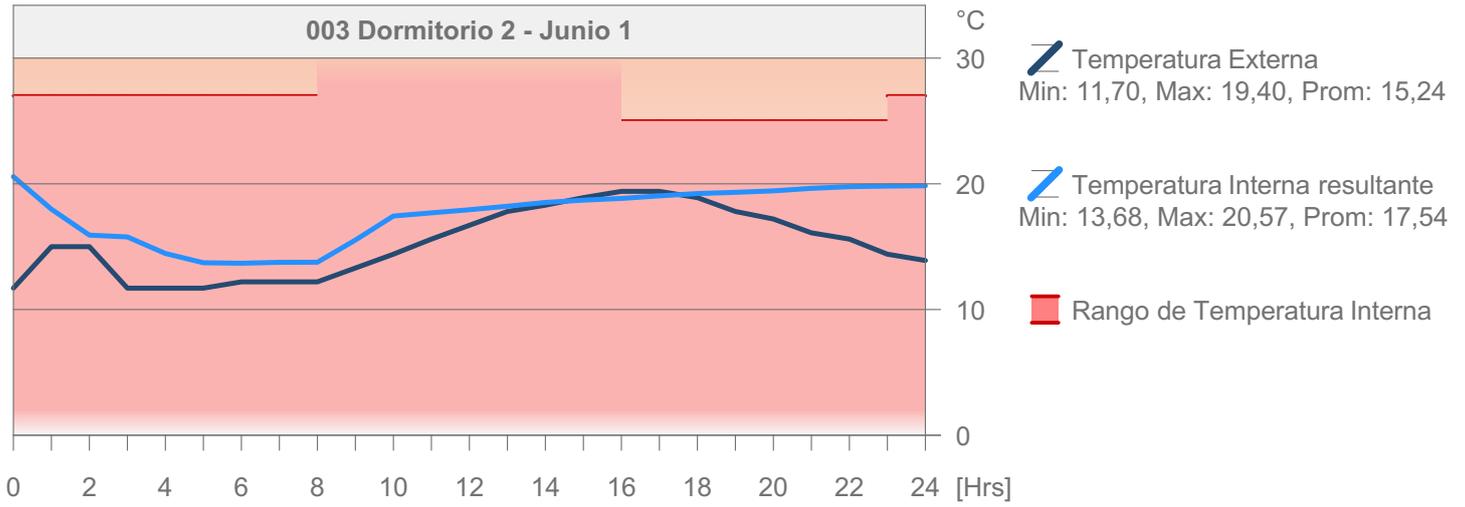
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



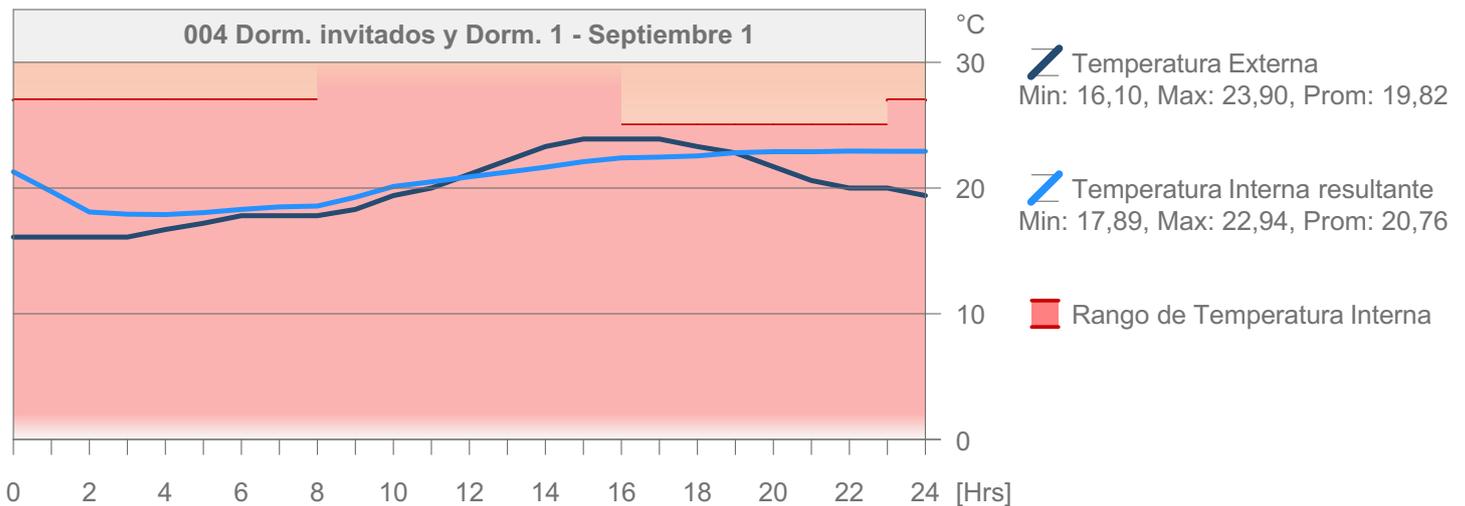
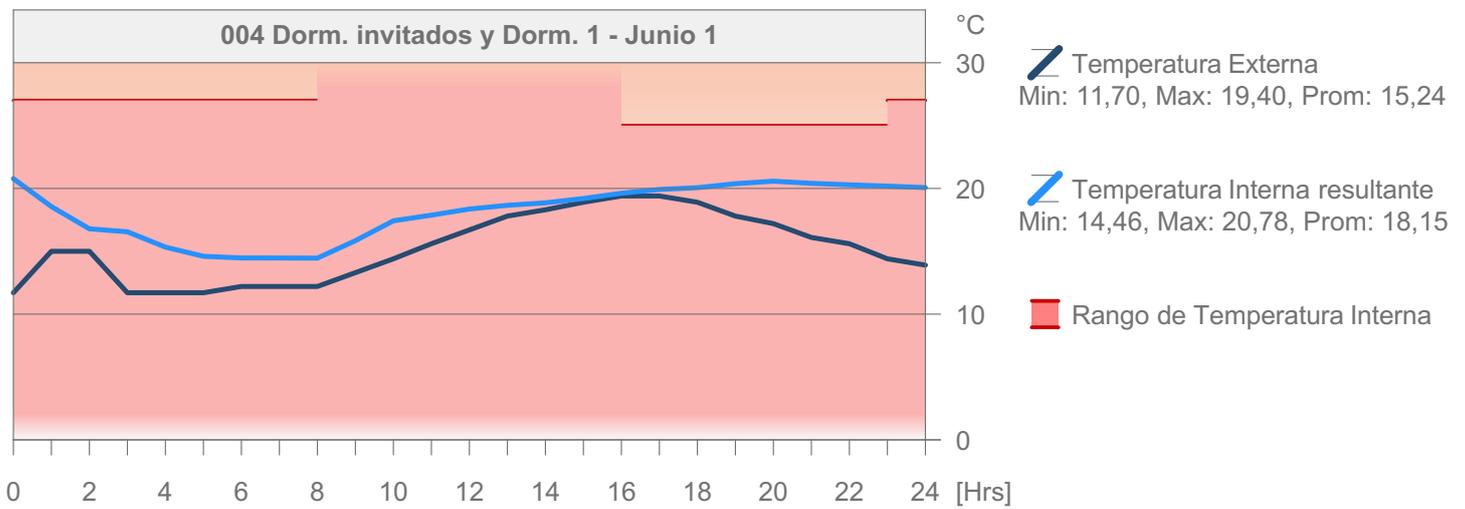
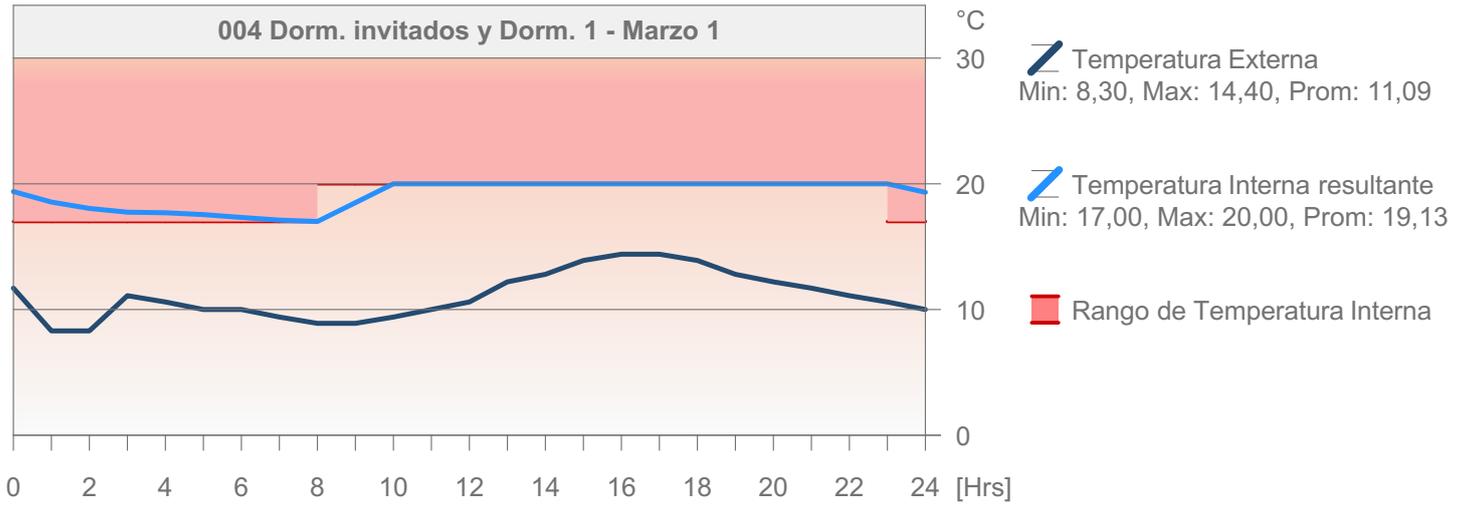
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



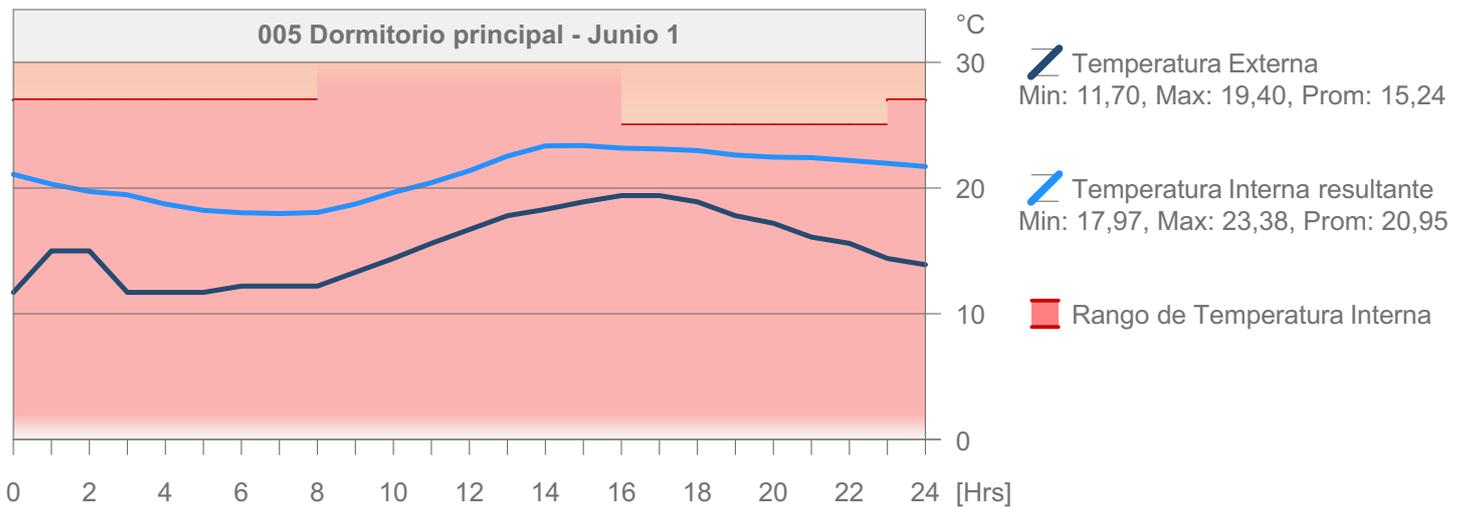
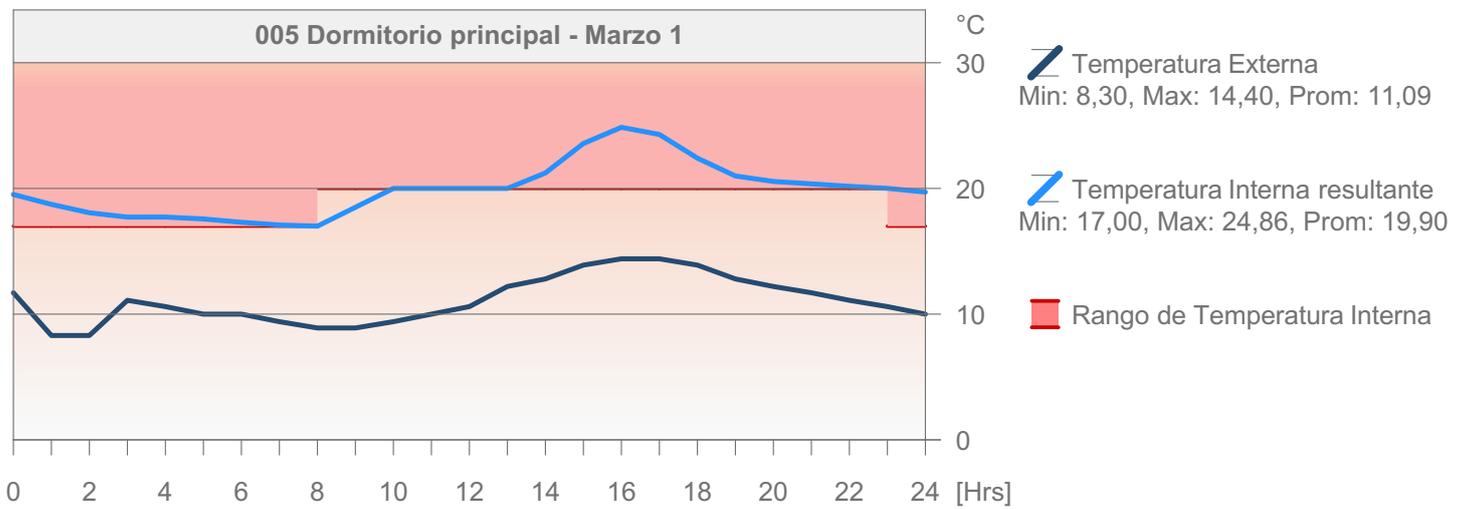
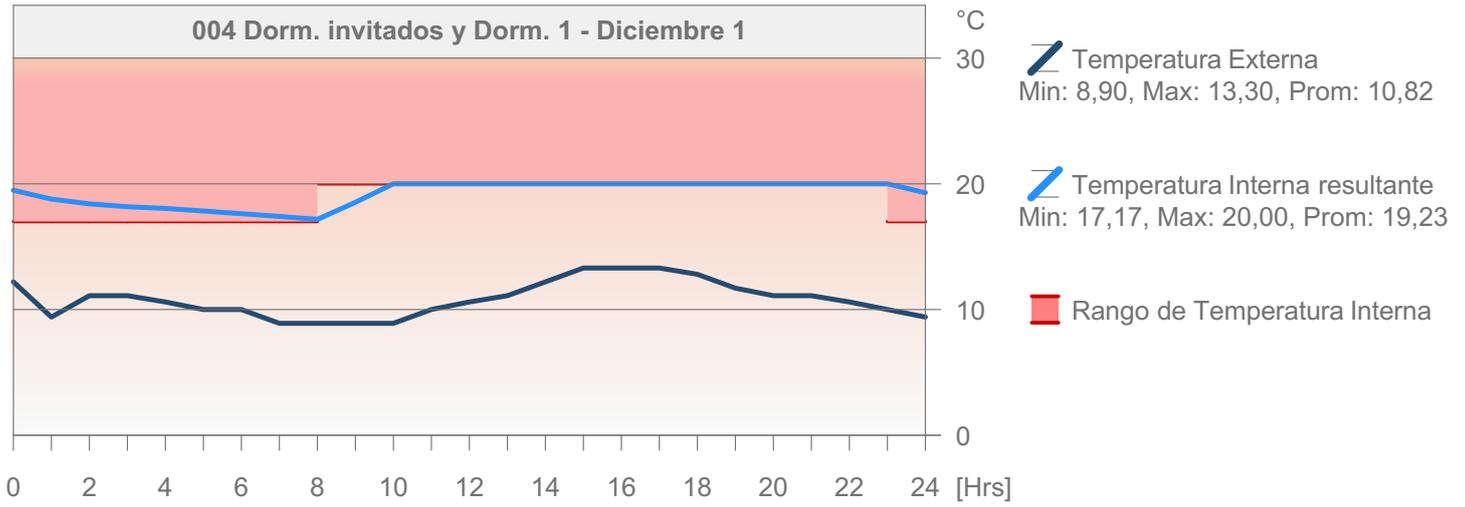
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



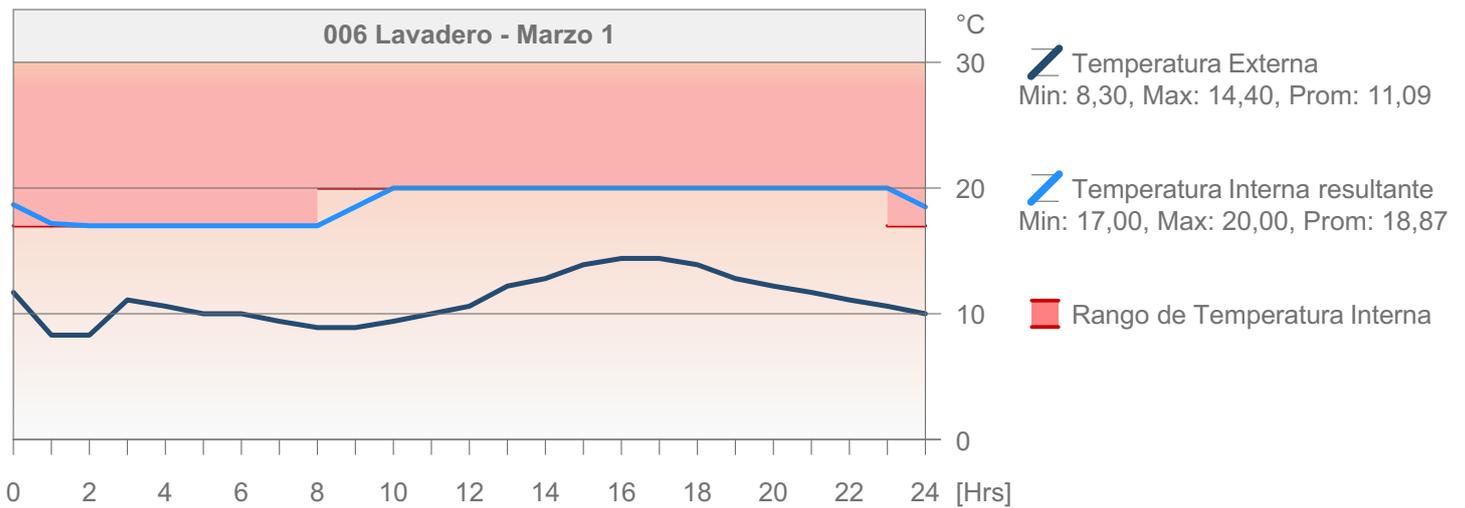
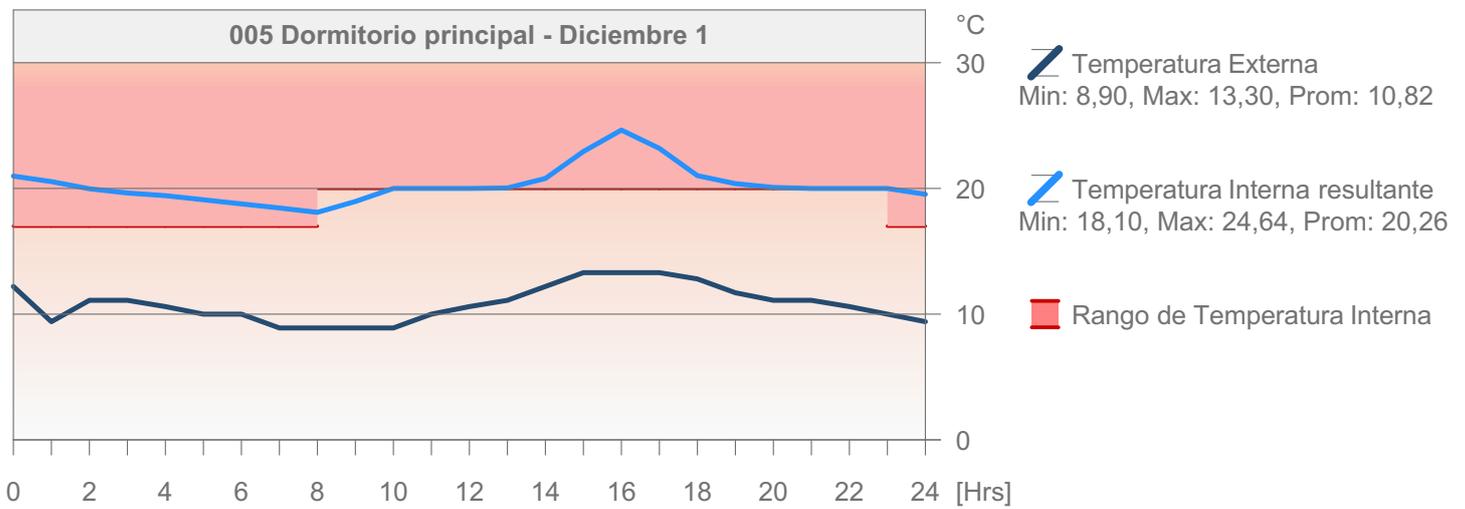
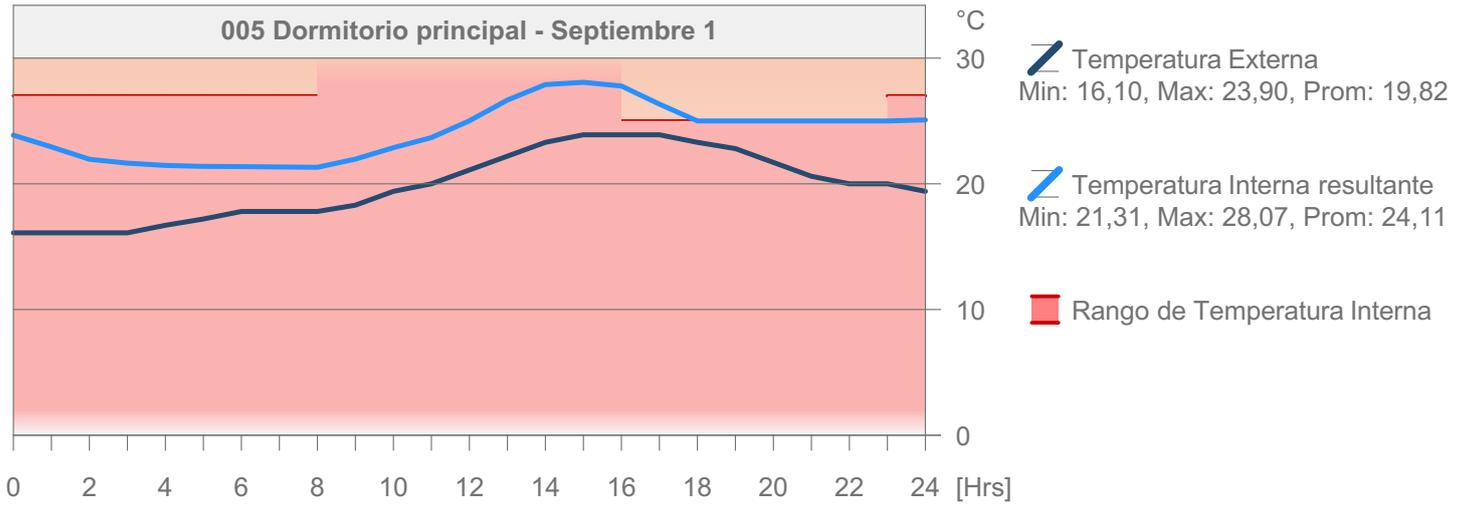
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



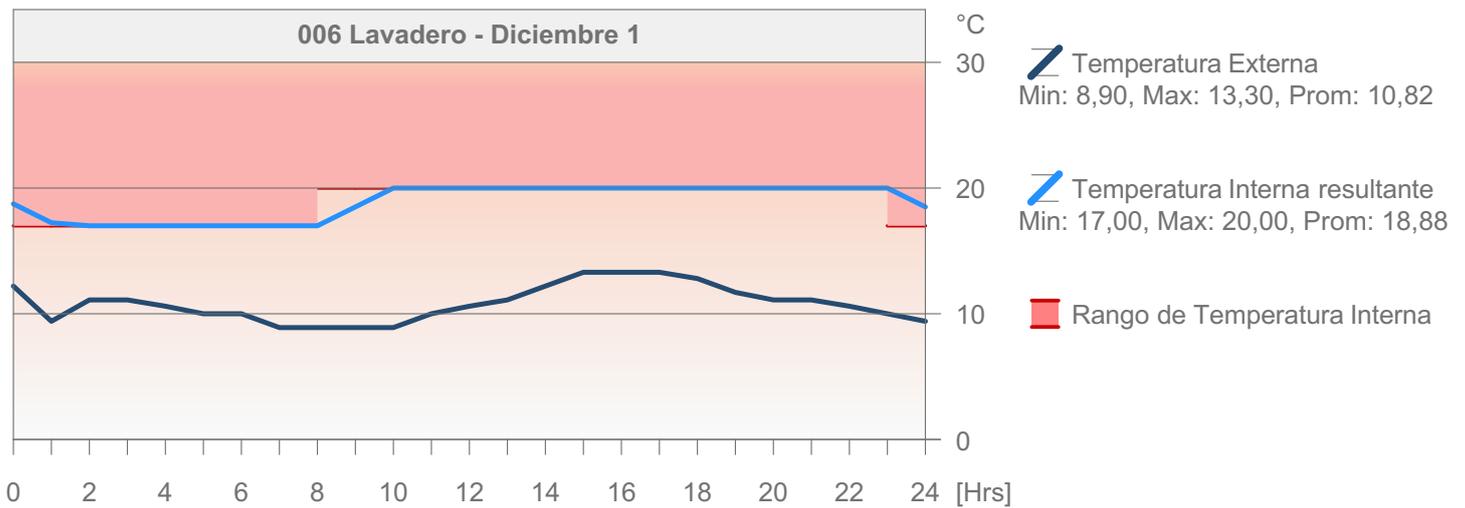
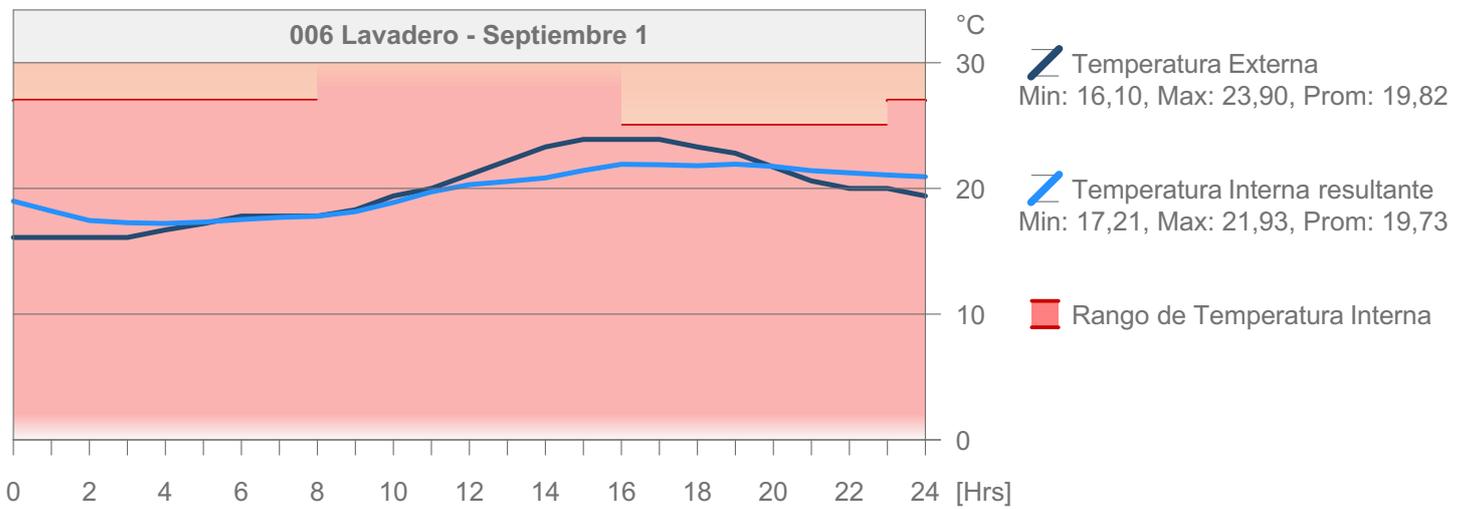
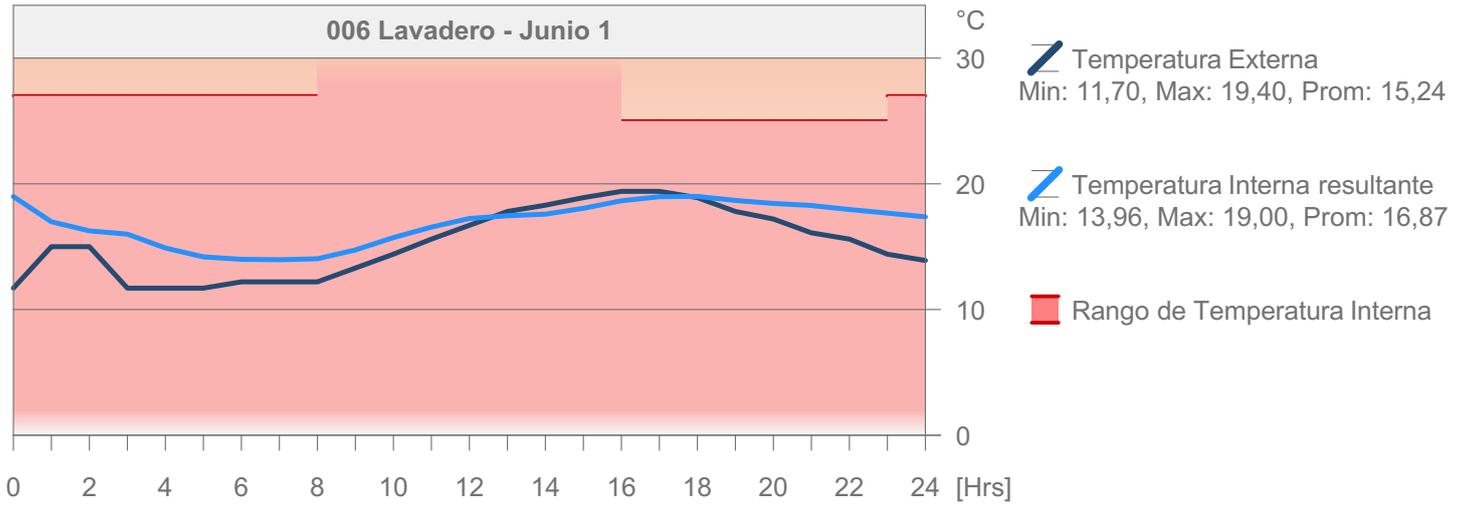
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



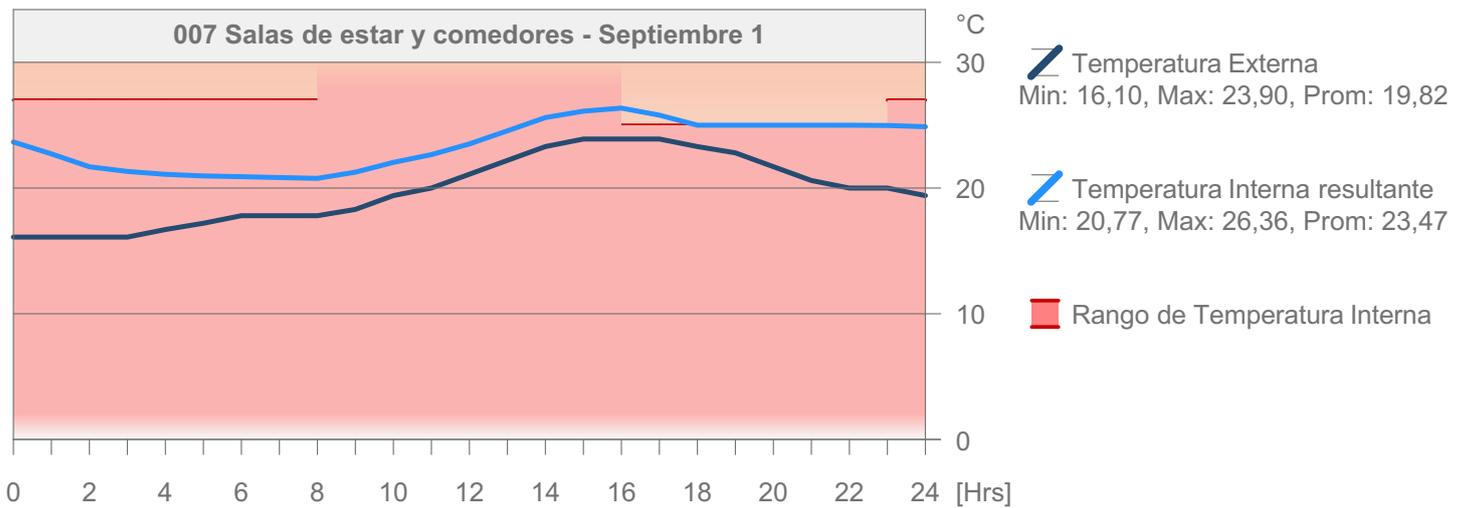
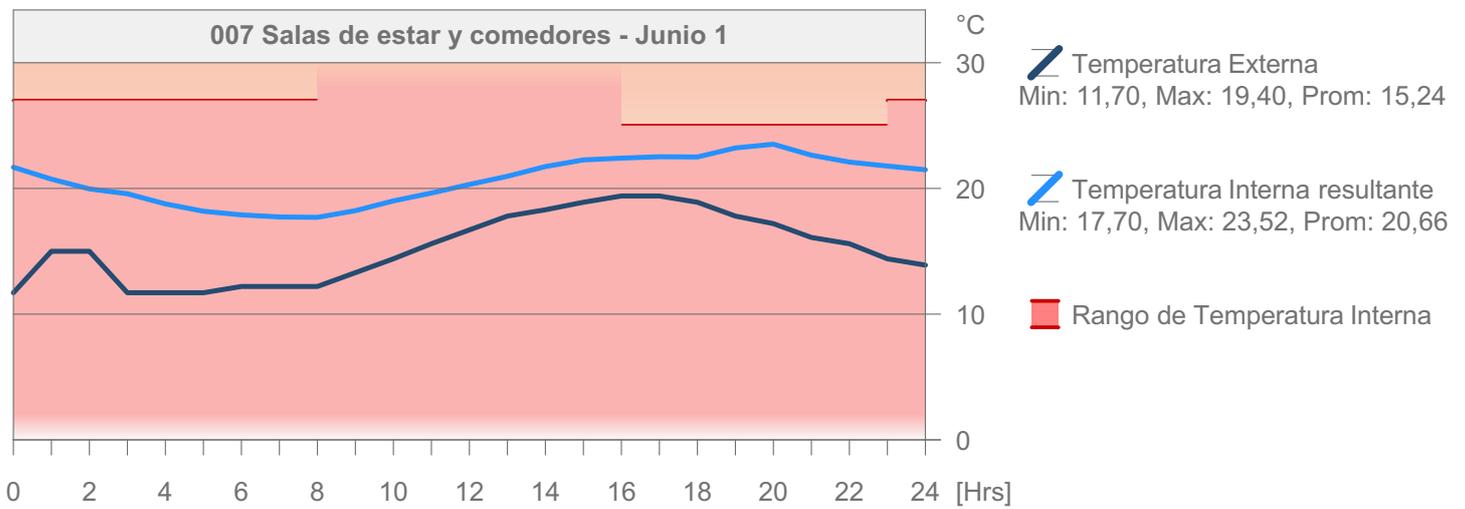
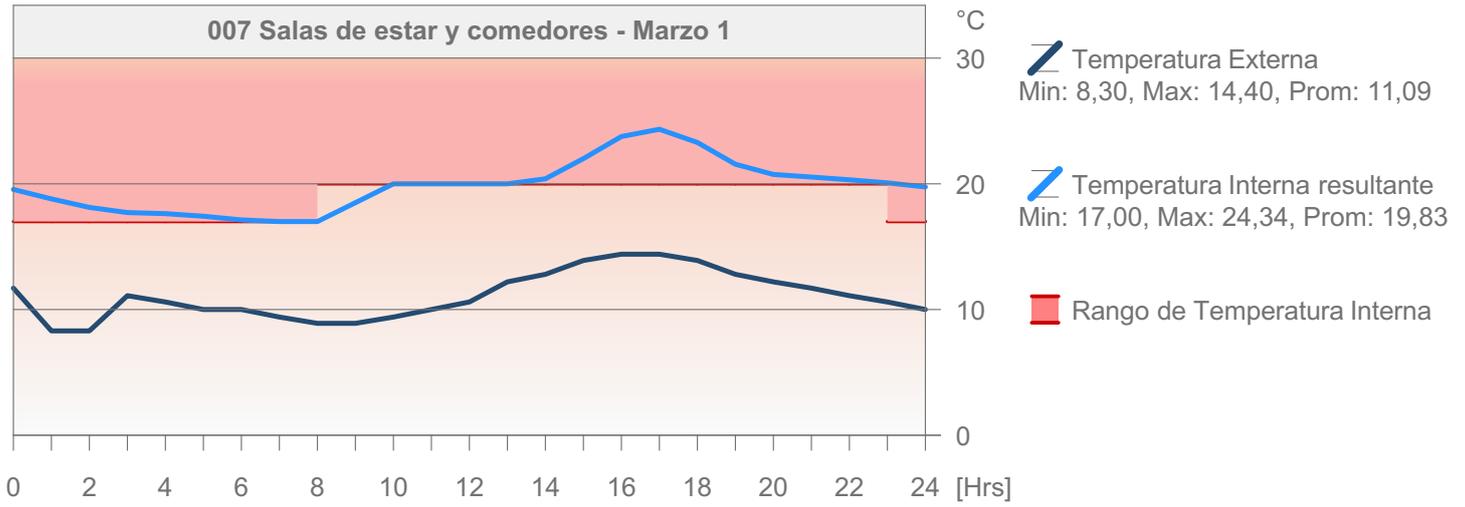
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



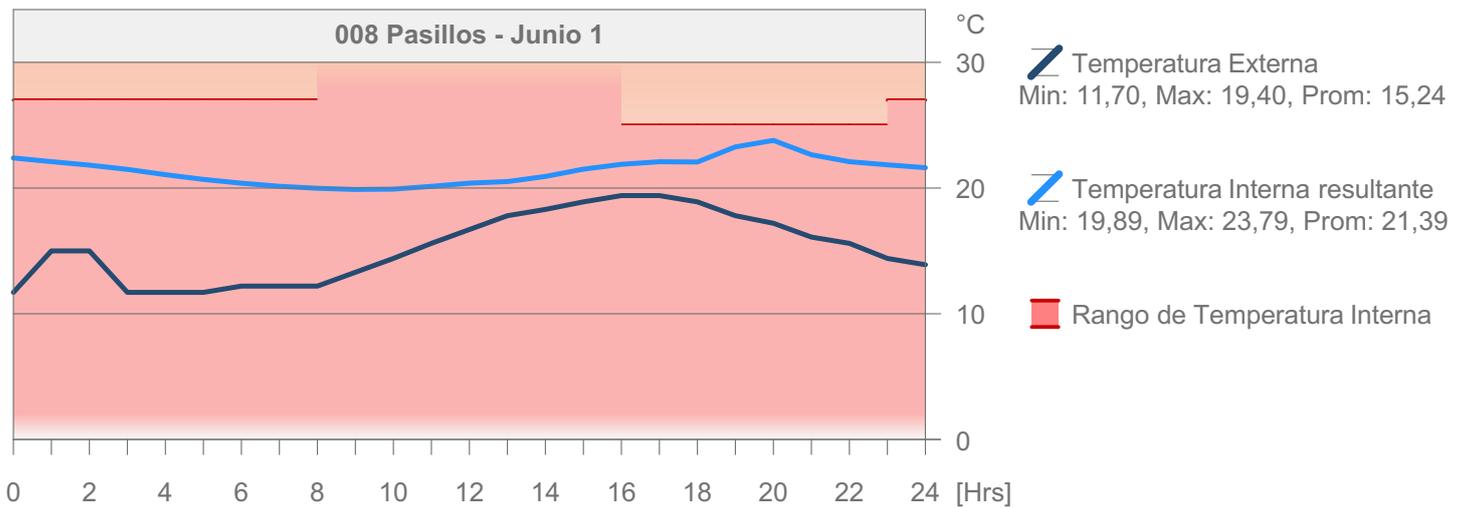
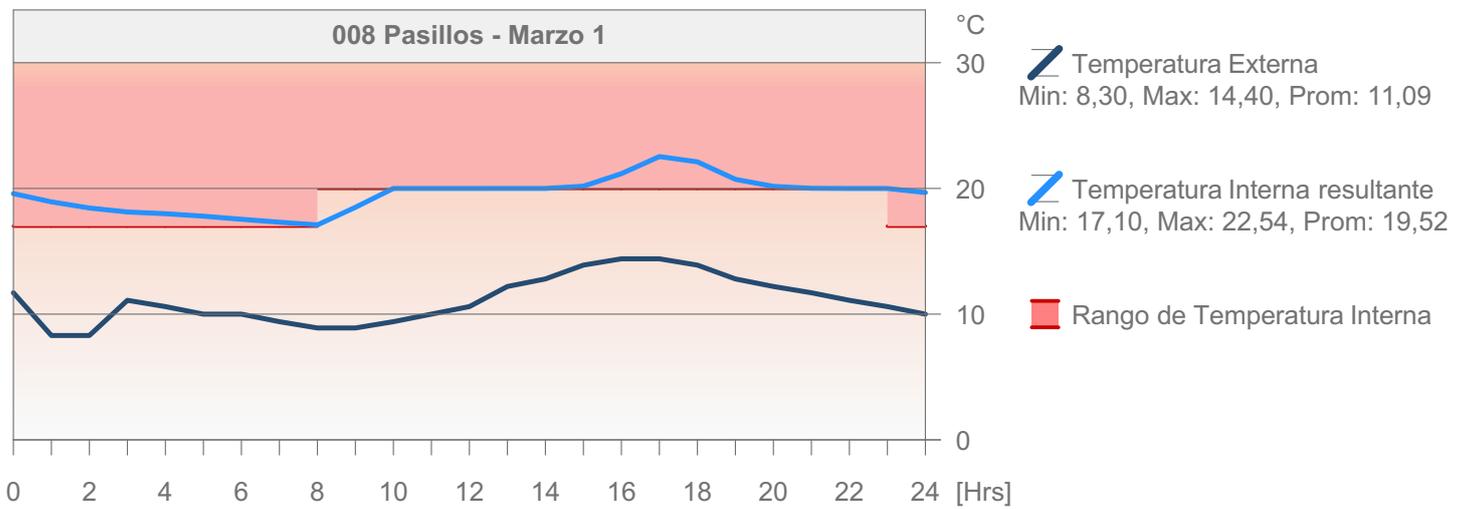
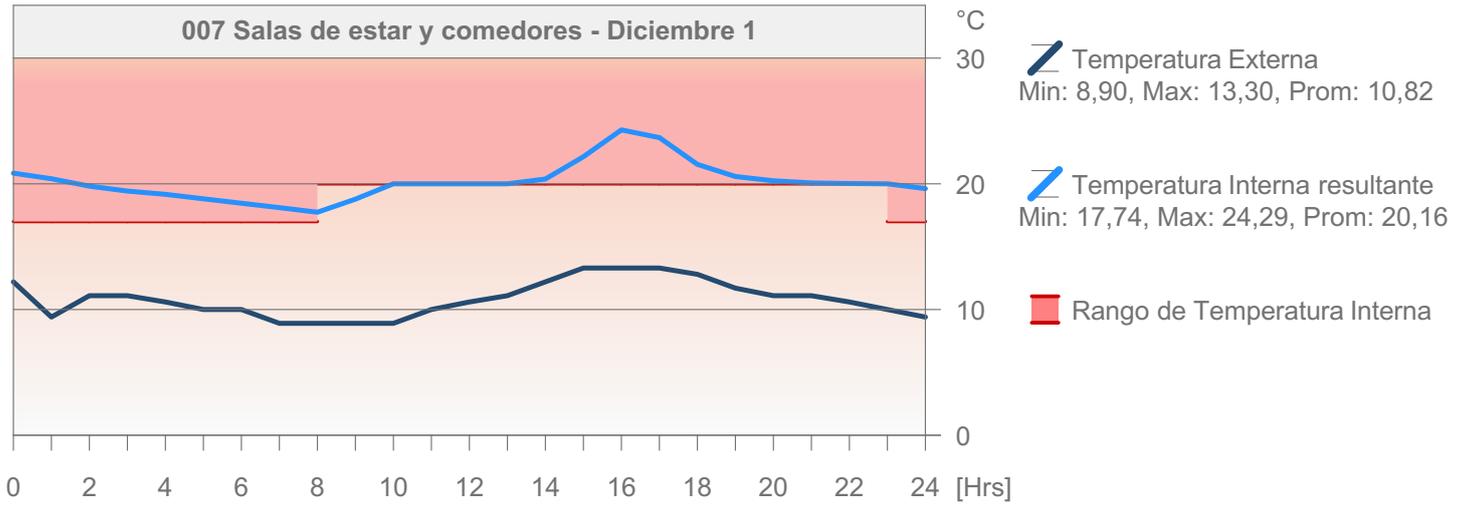
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



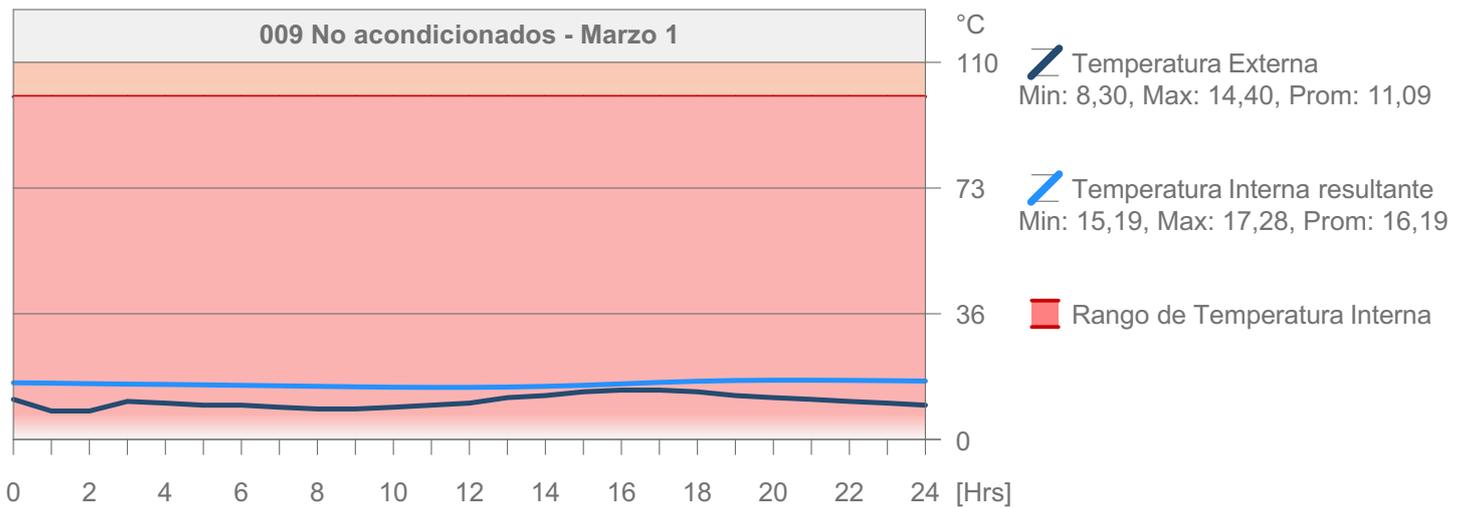
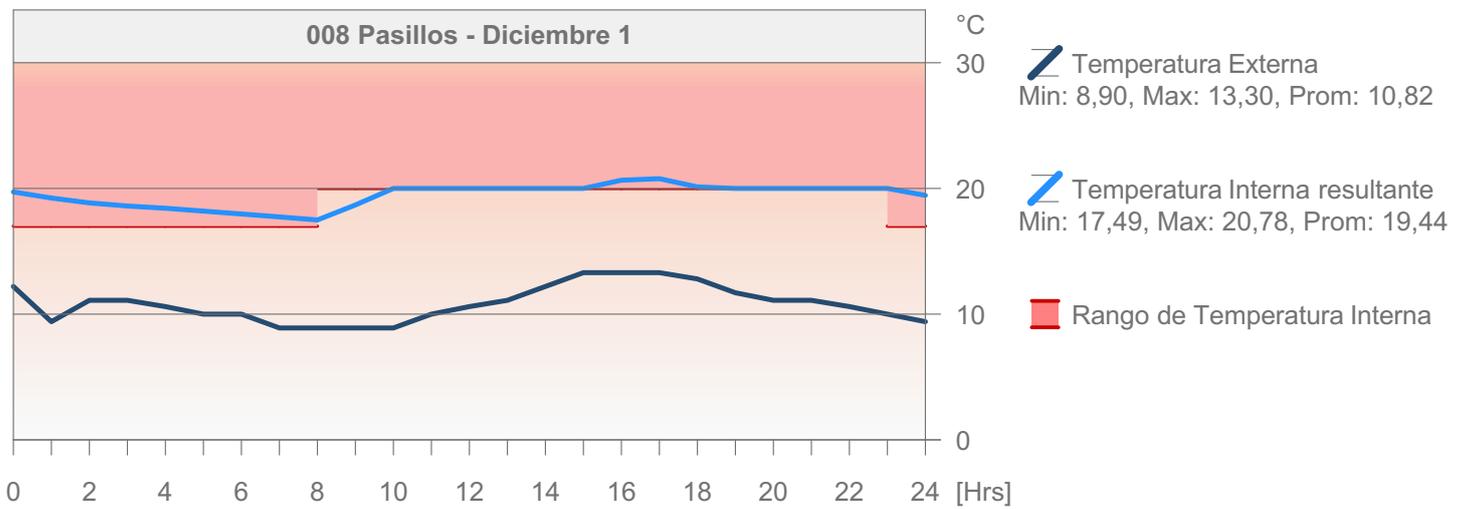
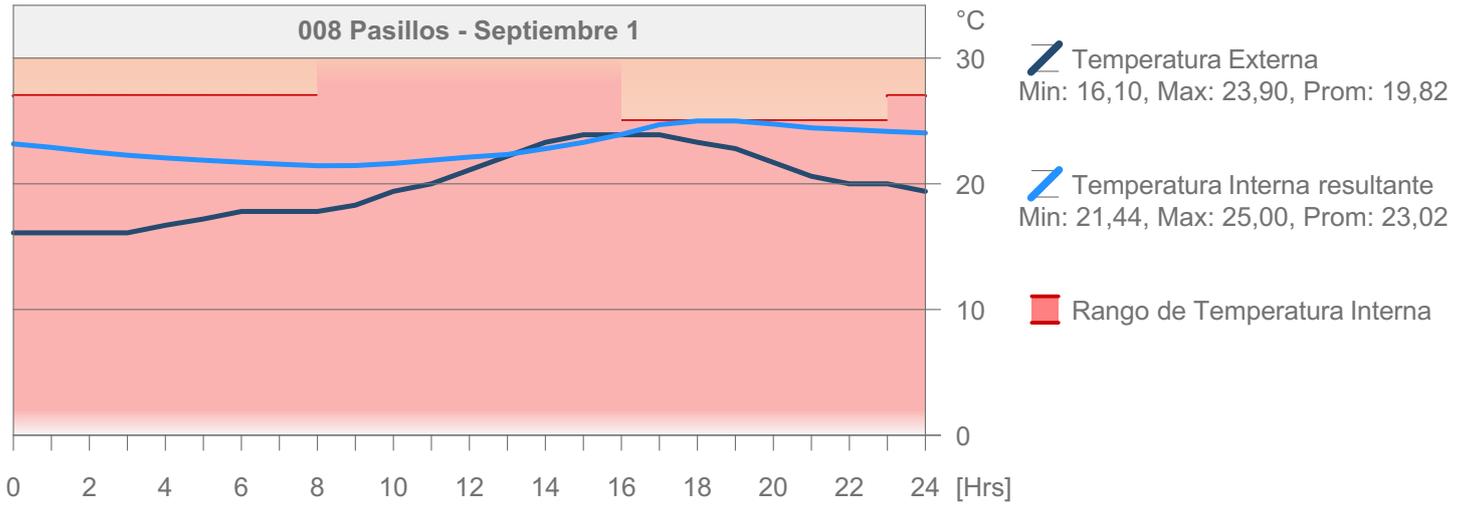
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



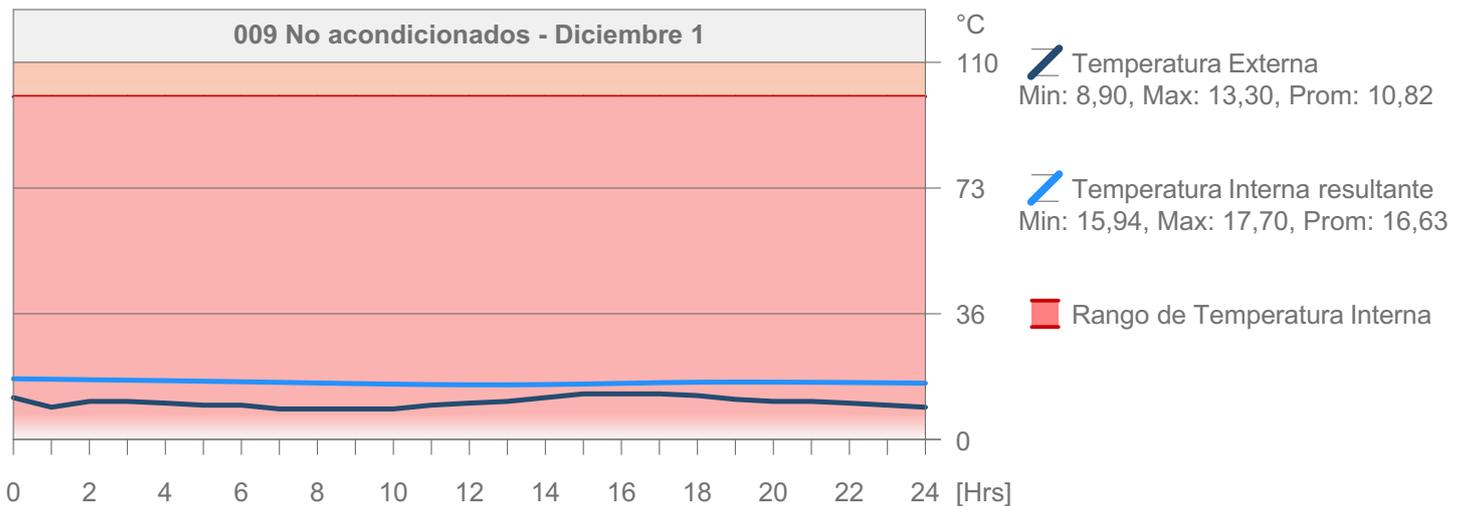
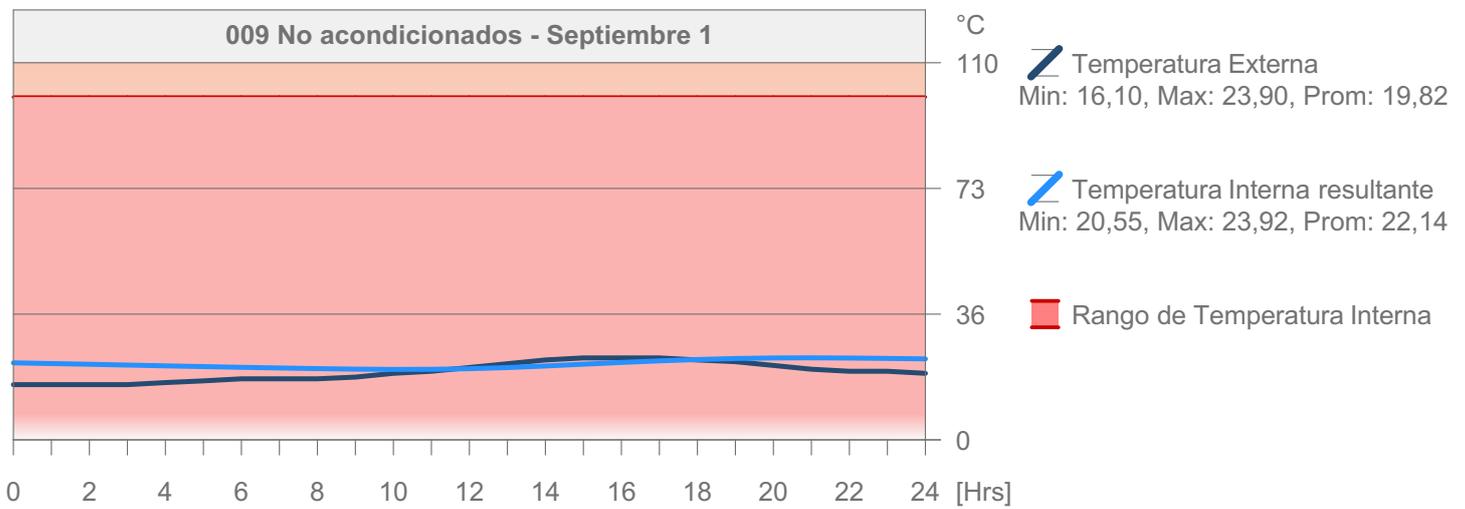
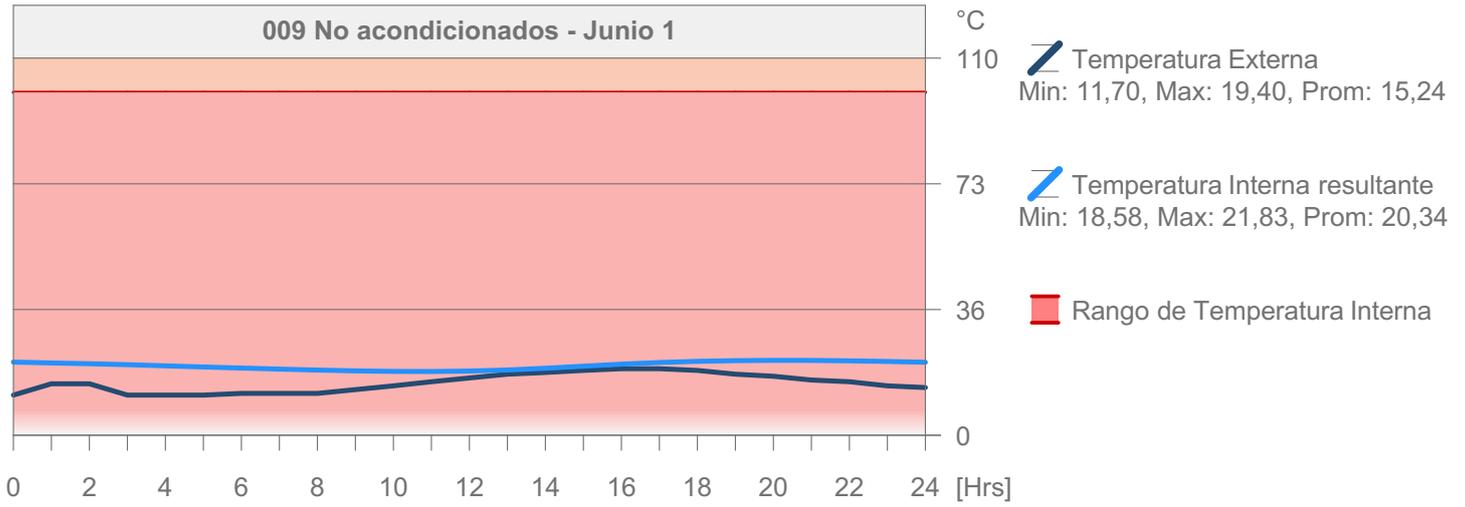
Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias



Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

Datos de Diseño HVAC

Bloque Térmico	Demanda de		Demanda de		Interno	
	Anualment [kWh]	Por Horas Pico [kW]	Anualment [kWh]	Por Horas Pico [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
001 Baño 1 y 2	1114	0.9 09:00 Ene 23	0	0.0 --	15.0 08:00 Jun 16	24.6 18:00 Sep 09
002 Cocina	805	0.7 09:00 Ene 31	0	0.0 --	14.8 07:00 Jun 02	24.7 19:00 Sep 10
003 Dormitorio 2	508	0.6 09:00 Dic 06	6	0.2 17:00 Sep 11	13.5 07:00 Jun 02	26.7 16:00 Sep 08
004 Dorm. invitados y Dorm. 1	1411	1.4 09:00 Ene 31	6	0.3 17:00 Sep 09	14.2 07:00 Jun 02	26.1 16:00 Sep 09
005 Dormitorio principal	469	0.8 09:00 Ene 31	130	1.1 17:00 Sep 11	16.9 07:00 Jun 16	34.1 15:00 Sep 08
006 Lavadero	1002	0.6 09:00 Ene 31	0	0.0 --	13.6 07:00 Jun 02	24.3 19:00 Sep 10
007 Salas de estar y comedores	632	1.1 09:00 Ene 31	214	1.4 17:00 Sep 08	16.5 07:00 Jun 16	31.1 16:00 Sep 08
008 Pasillos	1115	1.5 09:00 Ene 31	322	2.0 18:00 Ago 16	17.0 07:00 Feb 17	28.9 19:00 May 13
009 No acondicionados	0	0.0 --	0	0.0 --	12.8 11:00 Dic 06	28.3 20:00 Ago 16
Todos los Bloques Térmicos:	7059	7.5 09:00 Ene 31	681	4.7 17:00 Sep 08		

Número de Horas Usadas en el Año:

Calefacción: **5210** hrs
Refrigeración: **579** hrs

Horas de carga no satisfechas en el año:

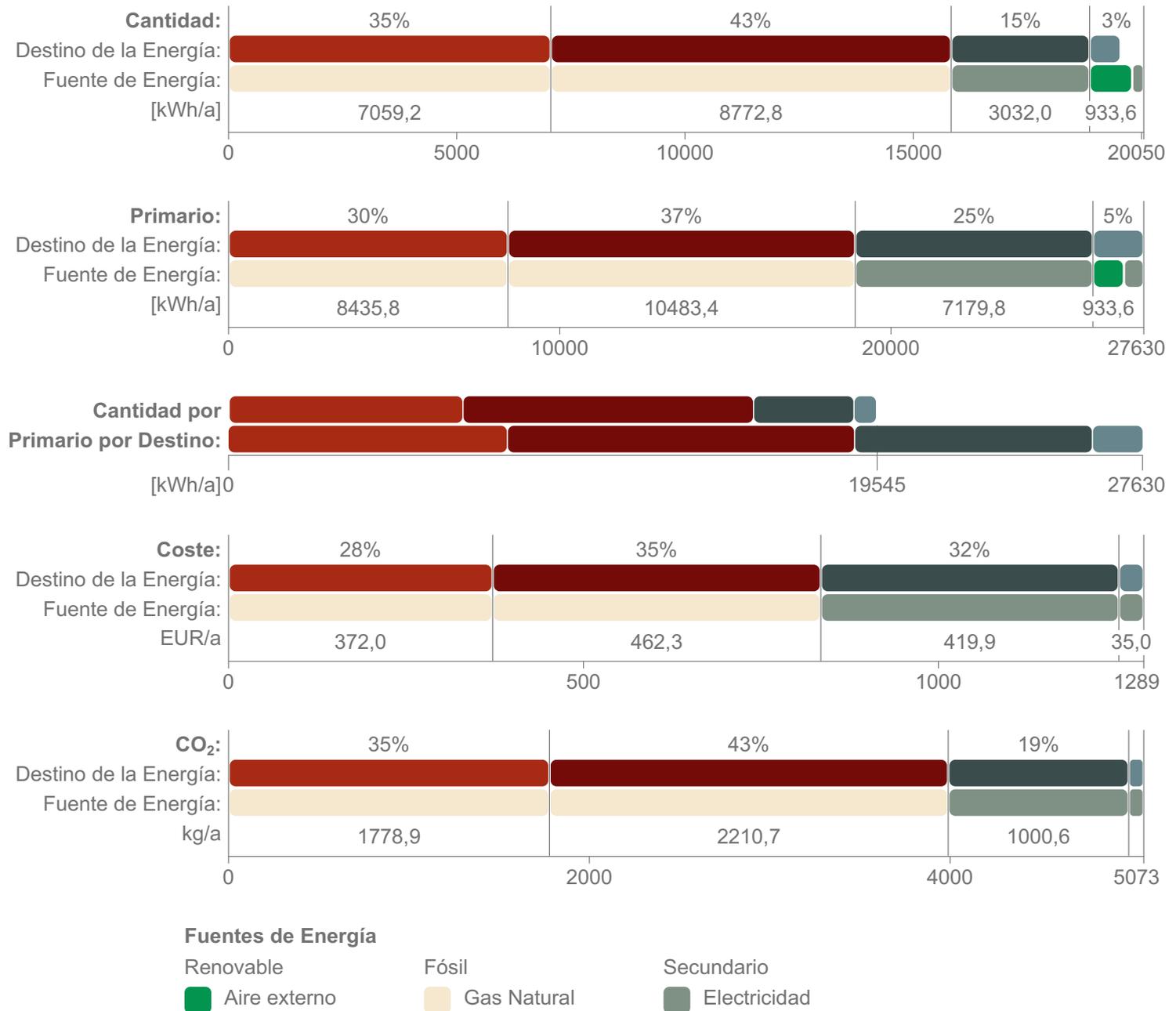
Calefacción: **243** hrs
Refrigeración: **52** hrs

Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

Consumo de energía por Objetivos

Nombre Destino	Energía			CO ₂
	Cantidad kWh/a	Primario kWh/a	Coste EUR/a	Emisión kg/a
Calefacción	7059	8435	372	1778
Refrigeración	681	1531	34	83
Servicio de Agua Caliente	8772	10483	462	2210
Ventiladores	0	0	0	0
Iluminación & aparatos	3032	7179	419	1000
Total:	19545	27630	1289	5073

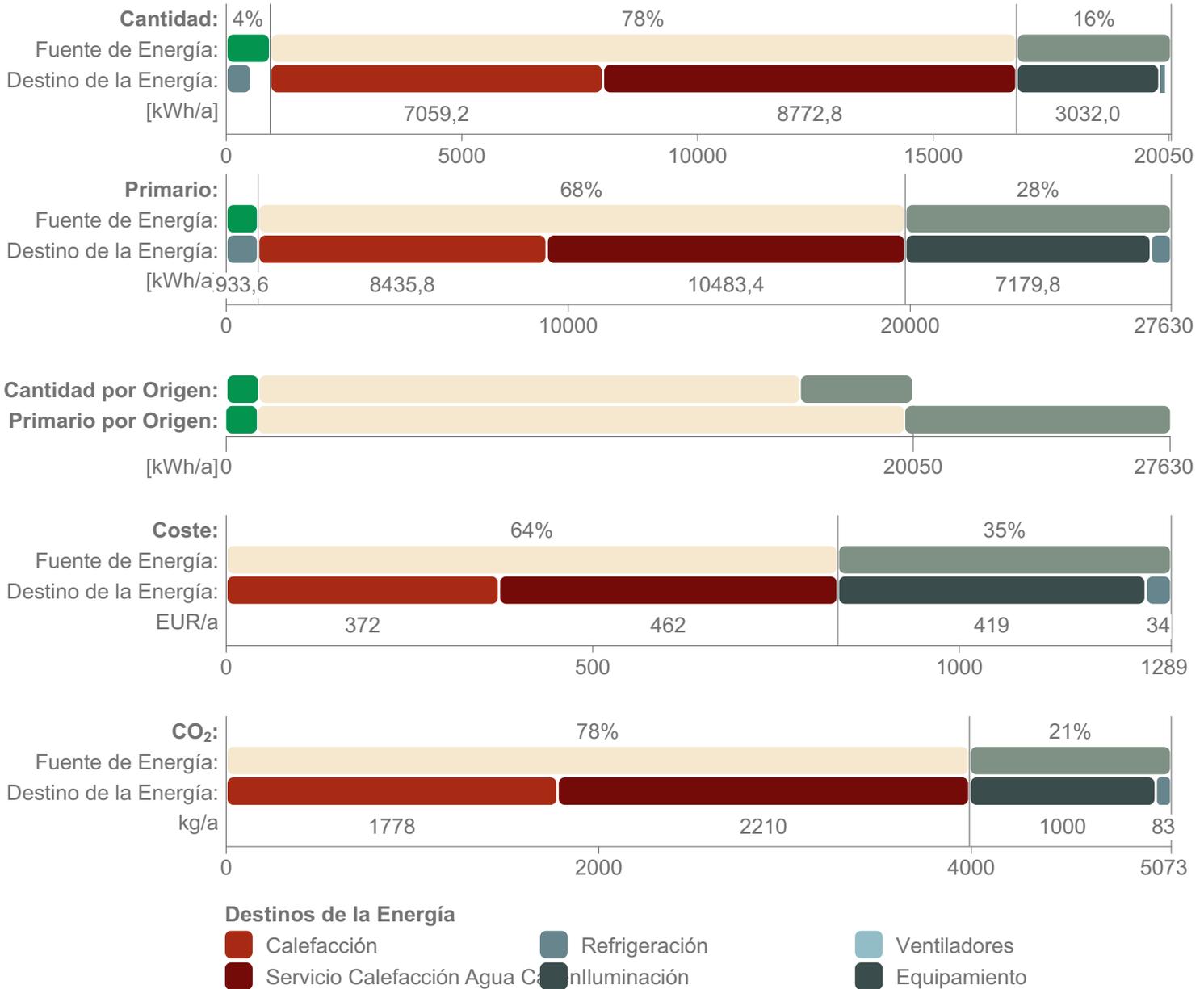


Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

Consumo de Energía por Fuentes

Tipo Fuente	Energía				Emisión CO ₂ kg/a
	Nombre de Origen	Cantidad kWh/a	Primario kWh/a	Coste EUR/a	
Renovable	Aire externo	933	933	NA	0
Fósil	Gas Natural	15831	18919	834	3989
Secundario	Electricidad	3284	7777	454	1083
Total:		20050	27630	1289	5073



Evaluación del Rendimiento Energético

TFM André Garrido Iglesias

Impacto Medioambiental

Tipo Fuente		Nombre de Origen	Energía Primaria kWh/a	Emisión CO ₂ kg/a
Renovable	 	Aire externo	933	0
Fósil	 	Gas Natural	18919	3989
Secundario	 	Electricidad	7777	1083
Total:			27629	5072

ANEXO II. INFORME DE EVALUACIÓN DE CYPETHERM
HE PLUS

Calificación energética del edificio

Zona climática	C1	Uso	Residencial privado
----------------	----	-----	---------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		ACS
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	D	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	17.83		11.26
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0.00		0.00

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	0.00	0.00
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	29.09	3399.21

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]	D	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	84.18		53.19
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	0.00		0.00

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
	No calificable
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. INFORME DE EVALUACIÓN DE HULC

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda A		
Dirección	C/-----		
Municipio	Coruña, A	Código Postal	Código Postal
Provincia	Coruña, A	Comunidad Autónoma	Galicia
Zona climática	C1	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

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 <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	André Garrido Iglesias	NIF/NIE	35490455Y
Razón social	B & A Building and Architecture	NIF	-
Domicilio	Nombre calle -----		
Municipio	Coruña, A	Código Postal	Codigo postal
Provincia	Coruña, A	Comunidad Autónoma	Galicia
e-mail:	andre.giglesias@udc.es	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	Graduado en Arquitectura Técnica		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 1.0.1564.1124, de fecha 3-mar-2017		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><35.80 A</p> <p>35.80-58.1 B</p> <p>58.10-90.00 C</p> <p>90.00-138.40 D</p> <p>138.40-254.10 E</p> <p>254.10-305.00 F</p> <p>=>305.00 G</p> </div> <div style="width: 10%; font-size: 2em;">}</div> <div style="width: 45%; font-size: 2em;"> <p style="background-color: yellow; padding: 5px;">117,18 D</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><8.10 A</p> <p>8.10-13.10 B</p> <p>13.10-20.30 C</p> <p>20.30-31.10 D</p> <p>31.10-58.30 E</p> <p>58.30-73.40 F</p> <p>=>73.40 G</p> </div> <div style="width: 10%; font-size: 2em;">}</div> <div style="width: 45%; font-size: 2em;"> <p style="background-color: yellow; padding: 5px;">24,67 D</p> </div> </div>

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 05/09/2018

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 Organo 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)	144,74
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Muro de fachada	Fachada	44,09	0,41	Usuario
Muro de fachada	Fachada	69,15	0,41	Usuario
Muro de fachada	Fachada	37,25	0,41	Usuario
Muro de fachada	Fachada	47,87	0,41	Usuario
Cubierta	Cubierta	35,06	0,29	Usuario
Cubierta	Cubierta	26,84	0,29	Usuario
Cubierta	Cubierta	19,02	0,29	Usuario
Cubierta	Cubierta	5,07	0,29	Usuario
Forjado HA	Fachada	6,90	3,45	Usuario
Forjado HA	Suelo	79,37	3,45	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
Ventana Simple	Hueco	2,07	1,80	0,52	Usuario	Usuario
Ventana Simple	Hueco	7,05	1,80	0,52	Usuario	Usuario
Ventana Simple	Hueco	1,35	1,80	0,52	Usuario	Usuario
Ventana Doble	Hueco	4,96	1,80	0,50	Usuario	Usuario
Ventana Doble	Hueco	10,80	1,80	0,50	Usuario	Usuario
Ventana Doble	Hueco	7,63	1,80	0,50	Usuario	Usuario
Puerta con vidrio	Hueco	1,72	1,88	0,50	Usuario	Usuario
Puerta maciza	Hueco	1,93	2,19	0,06	Usuario	Usuario
Puerta maciza	Hueco	1,93	2,19	0,06	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS_EQ1_EQ_Caldera-Conven cional-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	15,00	89,00	GasNatural	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	89,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		15,00			

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	ElectricidadPeninsul ar	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° C (litros/día)	196,00
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS_EQ1_EQ_Caldera-Conven cional-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	15,00	84,00	GasNatural	Usuario

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

(No aplicable)

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

(No aplicable)

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	0,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	0,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	CertificacionVerificacionNuevo
-----------------------	----	------------	--------------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	24,67 D		CALEFACCIÓN	
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	D	ACS	
	16,06		<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	
			8,04	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>		<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	
	G		-	
	0,57		-	

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>	0,57	82,89
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	24,10	3487,94

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			
	117,18 D		CALEFACCIÓN	
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	D	ACS	
	75,82		<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	
			37,98	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>		<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	
	G		-	
	3,38		-	

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
56,85 D	
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

¹El 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

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><35.80 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">35.80-58.1 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">58.10-90.00 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">90.00-138.40 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">138.40-254.10 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">254.10-305.00 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>305.00 G</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><8.10 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">8.10-13.10 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">13.10-20.30 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">20.30-31.10 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">31.10-58.30 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">58.30-73.40 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>73.40 G</div> </div>

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><19.70 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">19.70-32.0 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">32.00-49.50 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">49.50-76.20 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">76.20-125.70 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">125.70-147.00 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>147.00 G</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">G</div> </div>

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					[Hatched area]					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

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	03/09/18
--	----------

ANEXO IV. INFOGRAFÍA DE LA VIVIENDA



Figura 127. Perspectiva desde las fachadas sur (entrada a la vivienda) y oeste. Fuente: propia



Figura 128. Perspectiva desde las fachadas sur (entrada a la vivienda) y este. Fuente: propia



Figura 129. Perspectiva desde la fachada norte y este. Fuente: propia



Figura 130. Perspectiva desde la fachada norte y oeste. Fuente: propia



Figura 131. Sección por la planta baja. Fuente: propia



Figura 132. Secciones por la planta primera. Fuente: propia

