



**Universidad  
Zaragoza**

## Trabajo Fin de Grado

El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente transparente.

BIM and energy simulation for the design of refurbishment strategies of the building glazed envelope.

Autor/es

Irene Lavilla Valiente

Director/es

Belinda López Mesa  
Almudena Espinosa Fernández

Ponente

Octavio Cabello

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2017





## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. IRENE LAVILLA VALIENTE,

con nº de DNI 17769437M en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Grado en Estudios de Arquitectura, (Título del Trabajo)

El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente acristalada.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 18 Septiembre 2017.

Fdo: Irene Lavilla Valiente





**EL BIM Y LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS  
DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE TRANSPARTE.**

Autora.  
Irene Lavilla Valiente

Directoras.  
Almudena Espinosa Fernández  
Belinda López Mesa  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura 2017

EL BIM Y LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS  
DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE TRANSPARENTE.

Autora.

Irene Lavilla Valiente

Directoras.

Almudena Espinosa Fernández  
Belinda López Mesa

Ponente.

Octavio Cabello

Colaboraciones internas.

Cristina Cabello Matud  
Jorge Ruberte Bailo

Escuela de Ingeniería y Arquitectura 2017



**Universidad**  
Zaragoza



# 00 RESUMEN / ABSTRACT

En la arquitectura, el mundo del software de diseño y el de la energía todavía se encuentran bastante separados. Este trabajo surge de la necesidad de investigar la compatibilidad entre el BIM y la simulación energética, a través de los programas más extendidos en cada campo, Revit y DesignBuilder.

Para el desarrollo de la investigación se recurrirá a un proceso de ensayo y error con un caso de estudio, hasta obtener unas pautas de trabajo que garanticen la compatibilidad entre Revit y DesignBuilder, tanto del modelo como de sus propiedades térmicas. La investigación se realiza sobre el Gran Hotel de Jaca para dar continuidad al proyecto energético de I+D Abracadabra dentro del programa europeo Horizonte 2020, llevado a cabo por la empresa Zeroaplus, sobre dicho edificio.

**PALABRAS CLAVE:** BIM, eficiencia energética, Revit, DesignBuilder, ensayo-error, compatibilidad.

In architecture, the worlds of design and energy software are still quite apart. This work arises from the need to investigate the compatibility between BIM and energy simulation, by means of the most well-known software tools in each field, Revit and Design Builder.

For the development of the research a process of trial and error has been used applied to a given case study, in order to obtain some guidelines so as to ensure the compatibility of the model and its thermal properties, between Revit and Design Builder. The research is carried out on the Gran Hotel in Jaca to give continuity to the energy project of R & D ABRACADABRA within the European programme Horizon 2020, carried out by the company Zeroaplus, on said building.

**KEYWORDS:** BIM, energy efficiency, Revit, Design Builder, trial-error, compatibility.





# 01 ÍNDICE

03	00. RESUMEN
05	01. ÍNDICE
07	02. INTRODUCCIÓN
13	03. ESTRUCTURA DEL TRABAJO
17	04. OBJETIVO Y METODOLOGÍA
19	A. OBJETIVO
	A1. OBJETIVO GENERAL
	A2. OBJETIVO ESPECÍFICO
20	B. FASES INICIALES DE LA INVESTIGACIÓN
	B1. ELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO
	B2. FUENTES DE INFORMACIÓN
24	C. METODOLOGÍA ENSAYO ERROR
	C1. ¿QUÉ ES LA METODOLOGÍA ENSAYO Y ERROR?
	C2. EXPLICACIÓN CUADRO RESUMEN
27	05. RESULTADOS
31	A. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA
47	B. GUÍA PARA PASAR DE REVIT A DESIGN BUILDER
	B1. MODELADO EN REVIT
	B2. EXPORTACIÓN
	B3. CORRECCIONES EN DESIGN BUILDER
61	C. ANÁLISIS ENERGÉTICO EN DESIGN BUILDER
	C1. INFORMACIÓN QUE COMPLETAR EN EL ARCHIVO
	C2. PARÁMETROS A ANALIZAR
	C3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS
73	D. PROPUESTAS DE MEJORA
87	06. CONCLUSIÓN
91	07. BIBLIOGRAFÍA
95	ANEXOS
	97 A1. RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS
	113 A2. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA
	123 A3. INFORMACIÓN COMPLETADA
135	ÍNDICE DE FIGURAS



# INTRODUCCIÓN

02

## 02 INTRODUCCIÓN

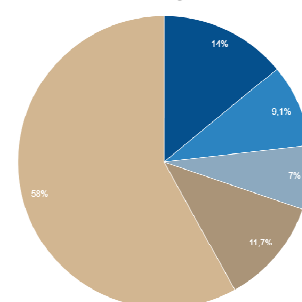
Actualmente en España, el nivel de implantación del BIM (Building Information Modeling) es bajo, pues un 60% de los estudios encuestados por el CSCAE<sup>1</sup> no lo utiliza. Sin embargo, la implantación en los estudios de arquitectura está aumentando progresivamente ya que, por un lado, un 14% de los estudios lo utilizan en todos sus proyectos y un 27% lo utiliza en algunos encargos<sup>2</sup>. Por otro lado, de los arquitectos encuestados por el CSCAE<sup>3</sup>, un 50% tienen previsto recibir formación a corto-medio plazo y un 15% a largo plazo. Finalmente, más de la mitad de los encuestados consideran la implantación del BIM como una oportunidad (Ver gráficas Anexo A3.1).

El BIM es un sistema de diseño, gestión y explotación de los proyectos, basado en un modelo 3D virtual. El principal potencial del BIM es que permite recoger la información aportada por distintos profesionales al mismo tiempo en un único diseño centralizado para después simular o comparar lo que se desee (estructura, instalaciones, demolición, etc), y como la información está inter-relacionada, con cualquier cambio se recalcula y modifica el proyecto completo<sup>4</sup>. Las 7 dimensiones que el BIM ofrece son: Documentación, Modelo tridimensional, Programación, Control de costes, Sostenibilidad y Gestión de operaciones<sup>5</sup> (Ver Anexo A3.1).

En España, el uso de la metodología BIM se va a ir introduciendo dado que en “2015 el Ministerio de Fomento creó la Comisión BIM que estableció una hoja de ruta que convertirá el uso de BIM en obligatorio para toda licitación pública en dos fases: 17 de diciembre de 2018 en el caso de Licitaciones Públicas de Edificación, ampliándose el 26 de julio de 2019 para Licitaciones Públicas de Infraestructuras<sup>6</sup>. Se encuentran diferentes programas en este campo, los más populares son: AllPlan (extendido en Alemania), Archicad (extendido en Latinoamérica) y Revit, el programa más extendido en España y que cuenta con el patrocinio de Autodesk, lo que atrae a muchos usuarios por la confianza y soporte que genera.

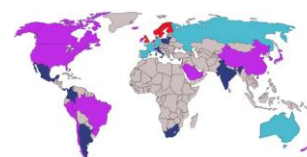
A día de hoy, aunque Revit cuente con un plug-in para InSight con el que obtener datos energéticos del modelo, sigue siendo necesario realizar un análisis energético en un programa especializado y totalmente independiente del BIM. Esto sucede porque, aunque InSight utilice uno de los mejores motores de cálculo, como es EnergyPlus, los resultados que éste aporta son muy reducidos y sólo sirven para intuir los problemas o beneficios del diseño realizado.

NIVEL DE IMPLANTACIÓN DEL BIM EN ESPAÑA



- Se utiliza en el 100% de los proyectos
- Se utiliza en más del 50% de los proyectos
- Se utiliza en menos del 50%
- Se utiliza en menos del 10% de los proyectos
- No se utiliza

Figura 01. Nivel de implantación del BIM en España. Encuesta realizada por la CSCAE a 1567 arquitectos. (Ver más en en Anexo A3.1)



Mapa de Implantación BIM 2016  
 Uso BIM Obligatorio en Proyectos Públicos  
 Uso Obligatorio previsto en Proyectos Públicos  
 Uso habitual de BIM  
 Uso incipiente de BIM

Figura 02. Mapa de la situación a corto plazo del BIM en el mundo. (Ver ampliada en Anexo A3.1)



Figura 03. Logotipo del programa Revit (metodología BIM).

<sup>1</sup> Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. «Resultados encuesta BIM». (2017), 1-8. <http://www.cscae.com>.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Ibidem.

<sup>4</sup> Sitio web. Instituto Tecnológico del Cantábrico. <http://itcformacionyconsultoria.com/bim-espana-europa/>.

<sup>5</sup> Sitio web. <http://www.ivanmatias.com>

<sup>6</sup> Sitio web. Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña - ITec «La implantación del BIM en España». (2017). <https://itec.es/servicios/bim/implantacion-bim-en-espana/>.



Figura 04. Logotipo del programa Design Builder.

El mejor software BPS (Building Performance Simulation) actualmente es DesignBuilder, un software de cálculo británico que está especializado en la simulación ambiental y energética de los edificios. Éste ofrece simplicidad a la hora de modelar, amplias bibliotecas de materiales y plantillas, posibilidad de mostrar varios resultados simultáneos, y sobre todo, la potencia y el respaldo de que su motor de cálculo sea EnergyPlus, el motor de simulación más reconocido del mundo.<sup>7</sup> Este software fue creado por el DOE (Department of Energy, en Atlanta, Estados Unidos) y recibió el premio al “Flujo de trabajo más innovador” por la ASHRAE en 2015. Lo que lo hace altamente reconocido es que se trata de un motor de cálculo libre, es decir, que el usuario puede acceder al código y entender cómo funcionan internamente determinados cálculos o comprender qué está sucediendo en una determinada simulación.<sup>8</sup>

En los últimos diez años, aparte del desarrollo individual del BIM y BPS, se ha investigado mucho sobre la interoperabilidad entre ellos, ya que los beneficios que esta compatibilidad produciría son muchos. En el mundo laboral, la conectividad entre programas ahorraría mucho tiempo, ya que no habría que dibujar el modelo en Revit y luego el mismo modelo en DesignBuilder, sino que se podría importar<sup>9</sup>, aunque hubiera que completar algunos elementos complejos o hubiera que atribuir las propiedades manualmente. En el mundo de la arquitectura, la inter-relación del BIM y BPS, daría lugar a edificios basados en la eficiencia energética y no sólo en el diseño, de modo que se podrían hacer todos los cambios necesarios en la fase de diseño e ir viendo cómo varían las demandas energéticas. Por último, esta situación acercaría el comportamiento energético a los ciudadanos que no sólo verían su casa virtualmente, sino que también conocerían cuánto va a consumir o qué estrategias pasivas introducir.

Los últimos avances respecto a la interoperabilidad BIM - BPS tienen que ver con el formato de exportación del BIM. Actualmente, según un estudio de la Universidad de Chile<sup>10</sup>, el formato gbXML es el que más información del modelo recoge y Revit es capaz de exportarlo. Además, este formato se puede introducir en diferentes programas de análisis energético, como Ecotect, Design Builder o TAS. Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, Design Builder es el más utilizado, el más potente y el que más información muestra y, por tanto, las investigaciones se están desarrollando en esta vía.

<b>gbXML</b>
<i>Green Building extensible markup language</i>
- Building Type
- Building Location
- Geometry
- Orientation
- Area
- Volume
- Openings Location & Size (windows/doors)
- Lighting, Electrical & - Occupancy Loads*
- Space Type*
- Condition Type*
- HVAC Heating & Cooling Setpoints*
- Outside Air*
- Materials**

\*\* Depende del software BPS de destino. Por ejemplo Ecotect lee bien los materiales y Design Builder no.

Figura 05. Propiedades que el formato gbXML puede pasar a otros programas. (Ver tabla completa en el Anexo A3.3)

<sup>7</sup> Sitio web. Distribuidor Oficial de DesignBuilder en España. <https://ecoeficiente.es/designbuilder/>.

<sup>8</sup> Sitio web. Distribuidor Oficial de DesignBuilder en España. <https://ecoeficiente.es/por-que-elegir-energyplus-como-motor-de-simulacion-energetica/>

<sup>9</sup> Danny Lobos, et al. «Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile». SIGRaDI. (2013), 378-82.

<sup>10</sup> Danny Lobos, et al. «Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile». SIGRaDI. (2013), 378-82.

Tanto en este estudio de Chile en 2013, como en el artículo de 2016 'Importación del BIM en un proyecto de renovación energética', se consiguió exportar la geometría del modelo, habiendo que introducir los materiales posteriormente a mano<sup>11</sup>. Sin embargo, actualmente, en la guía de Autodesk Revit<sup>12</sup> se explica cómo atribuir al archivo gbXML las propiedades térmicas de los materiales. Esto significaría que los materiales de los muros, y sus propiedades térmicas, también serían exportables. Falta por comprobar si esta línea de investigación da buenos resultados y se profundiza más en la interoperabilidad de BIM y BPS.



Figura 06. Logotipo del formato para la exportación.

**Tabla 4:** Resumen de traspasos BIM-BPS, Fuente: Elaboración Propia, 2013.

Elementos y propiedades que contiene el archivo exportación	gbXML: Revit a Ecotect	PLUG-IN: Revit a Design Builder.	gbXML: Revit a Design Builder	RVT: Revit a Vasari
Localización	X	x	x	x
Geometría				
Dimensiones	X	x	x	x
Volumetría	X	x	x	x
Zona	X	x	x	
Uso de la zona	*	*	*	
Tipo de elemento				
Techo	x <sup>1</sup>	x	x	x
Cielo	x <sup>1</sup>	x	x	x
Muro exteriores	x <sup>1</sup>	x	x	x
Muros interiores	x <sup>1</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>3</sup>	x
Piso	x <sup>1</sup>	x	x	x
Puerta	x <sup>2</sup>	x	x	x
Ventana	x <sup>2</sup>	x	x	x
Materialidad				
Nombre	*	*	*	
Capas	*	*	*	
Propiedades Físicas	*	*	*	
* Información entregada por defecto				
<sup>1</sup> para versiones Revit 2013 o superior , no se reconocen estos elementos.				
<sup>2</sup> en un 80% de los elementos son reconocidos, en caso contrario su clasificación es de la "Guess"				
<sup>3</sup> en un 90% de los elementos son reconocidos como muro interior, de no ser así están reconocidos como muro exterior.				

Figura 07. Tabla sobre la compatibilidad de los programas Revit y Design Builder en 2013 según un estudio de la Universidad de Chile.

No se confirma que, a través del formato gbXML, se consiga importar ni el tipo de elemento ni la materialidad. Es decir los materiales y sus propiedades térmicas. Sin embargo el formate gbXML si que es capaz de almacenar esa información. Habrá que ver cómo hay que exportarla e importarla para que se consiga el traspaso completo.

<sup>11</sup> Daniel Pascual. «DesignBuilder: Simulación energética de edificios». (2013). <http://www.danielpascual.com/design-builder/>.

<sup>12</sup> Sitio web.Autodesk Revit 2016 Ayuda. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/>





# ESTRUCTURA DEL TRABAJO<sup>03</sup>

# 03 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo consta de tres partes relacionadas entre sí, es decir, para realizar la tercera parte es necesario haber realizado las dos anteriores. Sin embargo, han sido divididas de manera que se pueda consultar una parte, sin necesidad de leer las anteriores.

La primera de ellas es una parte de investigación previa al trabajo en la que, tras elegir el caso de estudio, se desarrollará y se completará la información necesaria no disponible, como son los detalles constructivos o las transmitancias de los cerramientos.

En la segunda parte se encuentra la guía para pasar de Revit a DesignBuilder, que está dividida en tres apartados: modelado, exportación y correcciones en DesignBuilder. En cada apartado se explicarán todos los pasos a realizar.

Y por último, la tercera parte es la del análisis energético en DesignBuilder. Previamente al análisis se explicará la información a rellenar y los parámetros a marcar. Entonces, se obtendrán los resultados de la simulación y se investigarán mejoras para la envolvente acristalada del edificio curvo.



# OBJETIVO Y METODOLOGÍA <sup>04</sup>

# 04 OBJETIVO Y METODOLOGÍA

## **A** OBJETIVO. ¿QUÉ SE PRETENDE CONSEGUIR?

### A.1 OBJETIVO Y METODOLOGÍA GENERAL

El objetivo general de este trabajo es doble. Por una parte, se pretende comprobar la compatibilidad actual de un programa BIM, como es Revit, con uno de eficiencia energética, como es DesignBuilder, a través de un caso de estudio. Con el fin de obtener una guía de procedimiento, para que cualquier usuario pueda conseguir una correcta exportación de Revit a DesignBuilder. Por otro lado, una vez conseguido un análisis energético, se pretenden analizar posibles mejoras para la envolvente y realizar la más favorable en el modelo.

Para desarrollar esta investigación general, y dada la gran carga de trabajo que supone, se trabajó de manera conjunta con Lucía Lázaro Sebastián. Entre las dos, analizamos y modelamos el edificio en Revit, y tras realizar una investigación acerca de la construcción de la época se dibujan las soluciones constructivas estimadas.

### A.2 OBJETIVO Y METODOLOGÍA ESPECÍFICOS

El objetivo específico de este trabajo es poner de manifiesto todas aquellas limitaciones, problemas y recomendaciones sobre los programas que se han utilizado, durante los procesos de modelado, exportación, dibujo y análisis, para analizar el volumen curvo del hotel, a diferencia del Trabajo Fin de Grado de Lucía Lázaro que estudiará la parte recta. Por otro lado, se plantearán mejoras para la envolvente acristalada, sólo del edificio curvo, y se implantará la que más favorable y viable sea.

Este desarrollo se realizará individualmente, ya que los problemas y recomendaciones para trabajar con este volumen curvo de los años 50, son diferentes de los que se encontrarán al trabajar con un volumen ortogonal de los años 70. Como los acristalamientos del edificio antiguo son más deficientes que los del edificio ampliación, el análisis se centrará, principalmente, en los valores que afecten a los cerramientos acristalados, pues las propuestas de mejora irán enfocadas a los mismos.

De este modo, con un trabajo inicial conjunto y una especialización diferente, una vez terminado este Trabajo Fin de Grado, los resultados podrían unirse y obtener una visión global de las demandas previas, y de las demandas tras las medidas de mejora. En definitiva, obtener una visión global del edificio.

## B FASES INICIALES DE LA INVESTIGACIÓN

### B.1 ELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.

#### B.1.1 EL GRAN HOTEL DE JACA (1958 - 1970)



Figura 08. Vista exterior de las instalaciones del Gran Hotel de Jaca.

El Gran Hotel de Jaca, tras su inauguración el 20 de Junio de 1958, se orientó al turismo nacional y francés de alto nivel adquisitivo. Pronto se convirtió en un hito de la ciudad, y llamó la atención de la prensa especializada llegando a aparecer en el número 201 de la *Revista Nacional de Arquitectura*<sup>1</sup>.

El arquitecto, Lorenzo Monclús Ramírez, empezó a estudiar Arquitectura en Barcelona en 1929, y terminó en Madrid en 1935. Trabajó con Fernando García Mercadal durante su formación, hasta que empezó su ejercicio profesional en Zaragoza. En 1939 comienza la relación de Lorenzo Monclús con Jaca, donde realizó 156 proyectos, y entre los que se destacan el Palacio de Congresos (1972) y el Gran Hotel (1958).

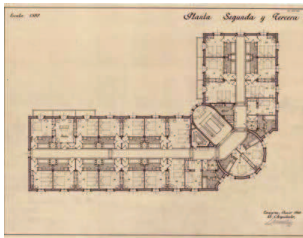


Figura 09. Planta primera propuesta en 1947.

La primera propuesta del Hotel surge en 1947, cuando se convoca un concurso restringido para el proyecto de un Hotel de Turismo en un solar del ensanche de Jaca. La propuesta ganadora es la de Lorenzo Monclús, que presentó un esquema en forma de “L” con la entrada en el vértice y que respondía a todos los requisitos del concurso, pero que, finalmente, no se llegó a realizar<sup>2</sup>.

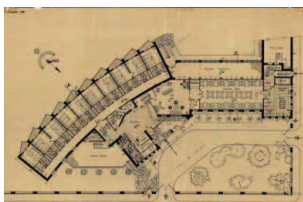


Figura 10. Planta propuesta final 1955.

Siete años después Lorenzo Monclús retoma el proyecto, esta vez para la Caja de Ahorros, y lo enfoca de manera completamente diferente a la de 1947. Los bocetos del proyecto original muestran una planta de “Y”, que irá modificando hasta obtener dos brazos, asemejándose al proyecto anterior pero con un lenguaje diferente<sup>3</sup>. La propuesta final, en 1955, plantea dos volúmenes diferenciados: una pieza de una sola planta para los usos públicos del hotel, y una pieza convexa de cinco plantas iguales para albergar las habitaciones. Este volumen curvo cuenta con 10 habitaciones por planta, de una crujía y orientadas al sur, con vistas a la Peña Oroel.

Las fachadas, a diferencia del proyecto anterior, responden a la orientación. De este modo, hacia el norte se abren pequeños huecos para minimizar las pérdidas térmicas, y hacia el sur se abren grandes ventanales para aprovechar los rayos de sol. La fachada sur del edificio residencial es muy característica por sus balcones triangulares asimétricos, separados por pilastras

<sup>1</sup> Raimundo Bambó Naya. «El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña». *Revista Europea de Investigación en Arquitectura*, n.o 4. (2015), 37.

<sup>2</sup> *Ibidem*, 41.

<sup>3</sup> *Ibidem*, 47.



de piedra, y rematado con un gran alero. Como dice Raimundo Bambó, “El aspecto exterior del hotel recuerda a la propuesta del 47, ya que está construido con materiales del país, como son la piedra gris de la zona, el mortero de cemento pintado de blanco o las carpinterías de pino del Pirineo.”<sup>4</sup> En enero de 1958 se termina la obra y se presenta la versión definitiva del proyecto, tras haber añadido durante la construcción una planta más en el volumen residencial y haber incorporado un edificio de dos plantas, a modo de garaje.

Al cobrar importancia el esquí en Candanchú en 1955, aparece un turismo de invierno que no estaba contemplado en 1947, cuando se empezó el proyecto<sup>5</sup>. Es por esto que en 1970 fue necesario realizar una ampliación del edificio en la parte oeste de la parcela. Con este nuevo volumen se consiguieron 115 habitaciones nuevas, distribuidas en 7 plantas, ordenadas con un pasillo central y orientadas a este y oeste, con una misma solución en ambas fachadas.<sup>6</sup>



Figura 11. Exterior y fachada al paseo del Gran Hotel de Jaca.

### B.1.2 ¿POR QUÉ ESTE EDIFICIO?

El Gran Hotel de Jaca es elegido como Edificio Piloto dentro del proyecto I+D Abracadabra por la empresa Zeroaplus, con la que se colabora en este trabajo.

Este proyecto comenzó cuando el Gobierno de Aragón, a través de la sociedad SARGA recibió financiación del Programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea para el proyecto Abracadabra (Assistant Buildings' addition to Retrofit, Adopt, Cure And Develop the Actual Buildings up to zeRo energy, Activating a market for deep renovation).<sup>7</sup> Zeroaplus, como consultor técnico de SARGA, realizó el estudio piloto de rehabilitación energética bajo el estándar de consumo casi nulo. Eligió el Gran Hotel de Jaca por ser un edificio de los últimos 50 años y un hito histórico, de concepción residencial y con un promotor activo, sensible a temas de rehabilitación energética<sup>8</sup>.

Para la simulación energética se utilizó la Herramienta Unificada HULC ya que, según dispone la normativa, sólo serán admitidos por los Registros Autonómicos los certificados de eficiencia energética realizados con la Herramienta Unificada. Los resultados que se obtuvieron y que se han facilitado son los siguientes: emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio (37,59 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año), emisiones de CO<sub>2</sub> de calefacción del edificio (25,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año), la demanda energética de calefacción (88,36 kWh/m<sup>2</sup>año). En todos los apartados ana-

<sup>4</sup> Ibídem, 49.

<sup>5</sup> Ibídem, 54.

<sup>6</sup> Zeroaplus. «ProgressReport. Acción Piloto Gran Hotel de Jaca dentro del proyecto I+D ABRACADABRA». (2016).

<sup>7</sup> Presentación ABRACADABRA al COAA». (2016). <http://www.coaaragon.es/wp-content/uploads/2016/10/ABRACADABRA.pdf?token=2q31rt3o>.

<sup>8</sup> Zeroaplus. «ProgressReport. Acción Piloto Gran Hotel de Jaca dentro del proyecto I+D ABRACADABRA». (2016).

lizados, la clasificación es de la letra G, de acuerdo a la escala española, la peor clasificación de la escala.<sup>9</sup>

### B.1.3 DATOS DE PARTIDA E INFORMACIÓN A GENERAR

La fuente de información existente es un informe del proceso de investigación de la empresa Zeroaplus. En éste se encuentra información referida al objetivo de la investigación, descripción muy general del edificio, la metodología del análisis y los programas utilizados, así como los resultados de las simulaciones. Sin embargo, no se encuentran adjuntos en el informe ni planos, ni secciones acotadas del edificio; tampoco un desglose de la composición de los muros o una tabla de transmitancias.

Finalmente, hubo que desplazarse al Gran Hotel de Jaca para realizar una toma de los datos que se necesitaban y no estaban incluidos en el informe. Por otro lado, hubo que investigar sobre la construcción de los años 50 para estimar los detalles constructivos y las transmitancias de los materiales de la época.

## **B.2. FUENTES DE INFORMACIÓN**

Durante todo el trabajo se ha ido teniendo contacto con personas expertas en el tema que se estaba tratando, así como una supervisión continua del departamento de construcción del grado de Arquitectura.

Al comienzo del trabajo, se produjo una reunión con la empresa Zeroaplus en la que se habló de los campos explorados y los que faltaban por explorar. Además, se presentó brevemente el caso de estudio, el Gran Hotel de Jaca, así como el proyecto I+D Abracadabra realizado sobre el mismo.

Dado que la información que se proporcionó no era suficiente para poder empezar con el trabajo, se realizó una visita al edificio de la mano de uno de los trabajadores. En esta visita no sólo se tomaron medidas reales de las alturas, suelos, ventanas, escaleras, cubiertas, etc., sino que también se pudieron observar las instalaciones, las salas de máquinas y los espacios de personal.

Para poder estimar una composición de muros y forjados según la construcción de los años 50-60, se utilizó el volumen 67 de la revista 'Informes de la construcción', donde se encuentra un artículo sobre la envolvente en la época de postguerra. En este artículo aparecen dibujadas diferentes soluciones constructivas adoptadas en los edificios de la época; de este modo, sabiendo

<sup>9</sup> Ibídem.

el espesor y acabado de los muros del Gran Hotel de Jaca, fue fácil estimar su solución constructiva. Y, de la misma manera, con los forjados y ventanas<sup>10</sup>.

Tras comprobar la complejidad del edificio se produjo una colaboración con Jorge Ruberte, formador de Pixel51, un centro de formación autorizado de Autodesk, para aconsejarnos y guiarnos en el modelado en Revit. Se había trabajado con otros programas BIM, como Archicad, pero nunca con Revit que es el más completo y extendido en España. Aparte de las consultas a Jorge Ruberte, también se ha tenido como apoyo la Guía de Autodesk Revit,<sup>11</sup> sobre todo a la hora de crear un modelo energético.

Una vez conseguida la importación correcta en DesignBuilder, se contó con la colaboración de Almudena Espinosa, profesora del área de construcción y experta en programas de eficiencia energética y en DesignBuilder, con la que se aprendió a interpretar los resultados de la importación, a realizar el análisis energético, así como a solucionar algunas incompatibilidades entre programas. También, dada la falta de información sobre si lo que se estaba intentado era viable o no, se contactó con el distribuidor de Design Builder en España. Adicionalmente, se ha utilizado un Manual de Design Builder producido por DesignBuilder.Ltd<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup> Fernando Kurtz, et al. «Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la postguerra española en áreas urbanas vulnerables. El caso de Zaragoza». Informes de la Construcción 67, n.o Extra-1. (2015).

<sup>11</sup> Sitio web.Autodesk Revit 2016 Ayuda. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/>

<sup>12</sup> Arturo Ordoñez García. «Manual de ayuda DesignBuilder en español Introducción». (2014), 417.

## **C** METODOLOGÍA ENSAYO-ERROR.

### C.1. ¿QUÉ ES LA METODOLOGÍA ENSAYO - ERROR? ¿POR QUÉ SE APLICA?

La metodología ensayo - error es una técnica exploratoria para resolver problemas y que hace referencia al método heurístico para la obtención del conocimiento. Según el matemático Pólya (1957), en éste método intervienen cuatro operaciones mentales: 1. Entender el problema, 2. Trazar el plan. 3. Ejecutar el plan, 4. Revisar<sup>13</sup>. No hay que aplicarlas de forma lineal, sino de forma cíclica. Por ejemplo, si tras trazar el plan y ejecutarlo, éste no funciona, habría que volver a la fase anterior, o sea, trazar el plan, o incluso a la anterior, entender el problema. De éste modo exploraremos todos los planes posibles que se nos ocurran.

La metodología ensayo - error es igual, ante un problema se plantea una posible solución, o en el mejor de los casos un conjunto de posibles soluciones, y se lleva a cabo. Si no es la solución, habrá que volver atrás e investigar nuevas posibles soluciones que se volverán a probar. Si, por el contrario, la solución planteada es la correcta, ya se habrá resuelto el problema.

Según el periódico virtual 'El Mundo' en uno de sus artículos científicos, "El ensayo y error es la técnica de aprendizaje más extendida y natural"<sup>14</sup>. Y de acuerdo con la psicóloga Andrée-Ann Cyr, es también el más eficiente. En uno de sus artículos argumenta que "los intentos fallidos durante el proceso de aprendizaje actúan como trampolín para encontrar la respuesta correcta. [...] La formación por ensayo y error es el método más eficiente para conseguir recordar la información con posterioridad: siempre y cuando las equivocaciones se encuentren relacionadas con la respuesta correcta."<sup>15</sup>

Sin embargo, esta metodología cuenta con algunas limitaciones: en ningún caso garantiza la resolución del problema, es un proceso costoso, y dada su naturaleza exploratoria, el encontrar la solución no se sabe el origen o la justificación.

En este trabajo, no se decidió inicialmente la metodología ensayo - error como el método a seguir; sino que conforme se realizaba la investigación, nos vimos involucrados en una serie de constantes ensayos y errores de los que se obtenía alguna solución o alguna moraleja. Y esto fue lo que provocó que el resto de la investigación se basará en el ensayo - error. Sin embargo, no se

<sup>13</sup> Sitio web. El método de Pólya para resolver problemas. <http://www.glc.us.es/>

<sup>14</sup> Sitio web El Mundo, (15 de julio de 2015). <http://www.elmundo.es/ciencia>

<sup>15</sup> Andrée-Ann Cyr, y Nicole D. Anderson. «Trial-and-error learning improves source memory among young and older adults.» *Psychology and Aging* 27, n.o 2. (22 de agosto de 2012), 429-39.

cuenta con un problema y un abanico de posibles soluciones. En este trabajo, después de un problema resuelto había otro problema que resolver, pues la suma de todos los problemas resueltos da lugar a la guía para exportar de Revit a DesignBuilder con éxito. Por eso ha sido muy importante ir recabando todos los problemas resueltos, pero también los no resueltos ya que dan una imagen aproximada del esfuerzo realizado para conseguir la exportación.

En conclusión, la metodología ensayo - error era la única que se podía utilizar en un caso en el que continuamente había cosas que conseguir, y no se tenía conocimiento sobre ninguna de las opciones. Sin embargo, a diferencia de lo que teóricamente es el ensayo - error, en este trabajo sí que se buscaba entender por qué con unas opciones se producía la exportación y con otras no. Y estas explicaciones, también quedan reflejadas en la guía de exportación.

## C.2. EXPLICACIÓN DEL CUADRO RESUMEN DE LOS ENSAYOS Y LOS ERRORES (Ver documentación ampliada en el Anexo A1)

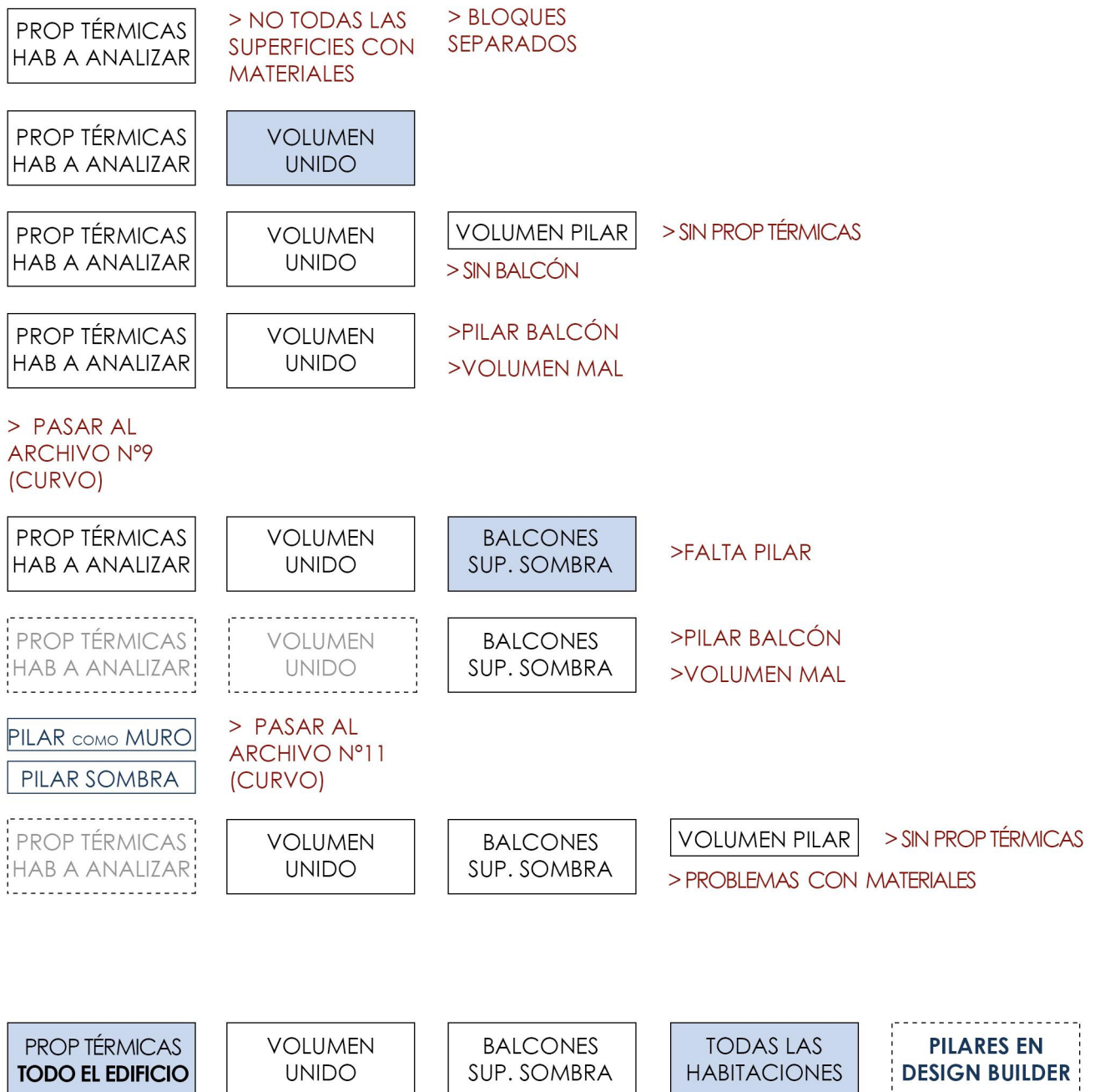
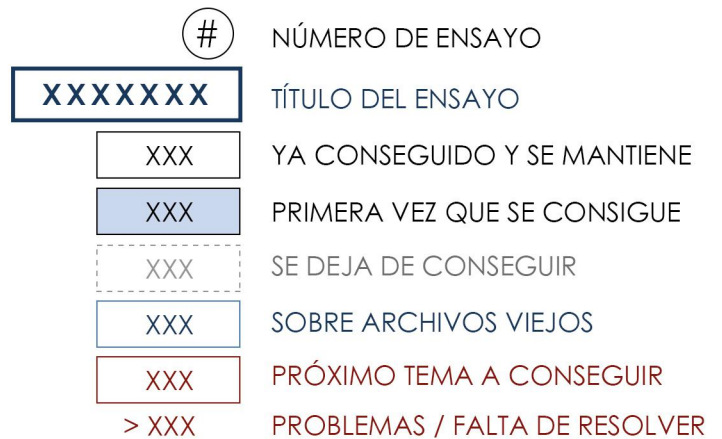
Después de todos los ensayos, errores y soluciones, había que buscar una manera muy visual de resumir todos estos intentos. Así que se realizó el esquema que aparece a continuación.

En este esquema se organizan en filas los ensayos realizados, que son numerados y titulados para que sirvan de unión con en el Anexo 1, donde se realiza una explicación detallada de cada ensayo. A parte de número y título, cuando un elemento o propiedad es conseguida de exportar por primera vez es marcada en azul, así queda de manifiesto si ese ensayo ha obtenido solución. Una vez que un elemento o propiedad es conseguido, y ha sido marcado en azul, siempre que se mantenga en los ensayos posteriores, aparecerá en negro. Y si, en algún ensayo, se pierde el elemento o propiedad conseguido anteriormente, se marcará en gris discontinuo, de este modo se sabrá que algo ha ido mal y que hay que retroceder. Por último, al final de cada fila - ensayo aparecerá en rojo el principal problema a solucionar o a tener en cuenta.

Por ejemplo, en el Ensayo 6 ' Volumen simplificado (2)', se ve que las habitaciones, puertas y ventanas se siguen pasando; que todo el volumen unido es la primera vez que se consigue, por lo que habrá que seguir utilizando los mismos pasos; las propiedades térmicas se están consiguiendo con algunos problemas, y por tanto no es el método definitivo; y que hay dos problemas, uno con el volumen y otro con los materiales.

Figura 12. Tabla resumen de ensayos y errores.

1	PASO A TRAVÉS DEL PLUG - IN	PROPIEDADES TÉRMICAS	> PLUG-IN DEJÓ DE FUNCIONAR	
2	PASO A TRAVÉS DE GBXML (1)	UNA HABITACIÓN VARIAS HAB NO	> HAB QUEDAN SEPARADAS	
3	PASO A TRAVÉS DE GBXML (2)	VARIAS HABITACIONES	> SIN PUERTAS NI VENTANAS	
4	PASO DE PUERTAS Y VENTANAS	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	
5	VOLUMEN SIMPLIFICADO (1)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN APROX MINISUPERFICIES
6	VOLUMEN SIMPLIFICADO (2)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
7	VOLUMEN CURVO UNIDO	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
8	PILAR Y BALCÓN (1)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
9	PILAR Y BALCÓN (2)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
10	BALCONES EN ENSAYO 5	PROBLEMAS DEL ENSAYO Nº5>>>	MINISUPERFICIES SIN MATERIAL	BALCONES
11	BALCÓN EN VOLUMEN CURVO	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
12	PILARES (1)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
13	PILARES EN ENSAYO 10	PROBLEMAS DEL ENSAYO Nº10>>	MINISUPERFICIES SIN MATERIAL	BALCONES
14	PILAR EN ARCHIVO CURVO(4)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
15	PILARES SIN HABITACIÓN (5)	IGUAL QUE 12. PILARES (1)	BALCONES SUP. SOMBRA	>PILAR BALCÓN >VOLUMEN MAL
16	VOLUMEN FINAL. TODAS LAS HAB.	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO







# RESULTADOS

Se van a explicar o mostrar los resultados obtenidos en las cuatro fases de investigación. En primer lugar se mostrará toda la documentación generada del Gran Hotel de Jaca, desde las plantas del proyecto, hasta los detalles constructivos. En segundo lugar se explicará el resultado del proceso de ensayo y error para la exportación, a modo de guía que continuará en la tercera parte de la investigación, el análisis del edificio en DesignBuilder. Por último, Se mostrarán, comparativamente, los resultados de las propuestas de mejora para la envolvente transparente.

# 05 RESULTADOS

# A. DEFICIÓN CONSTRUCTIVA

PLANTAS ALZADOS VISTAS

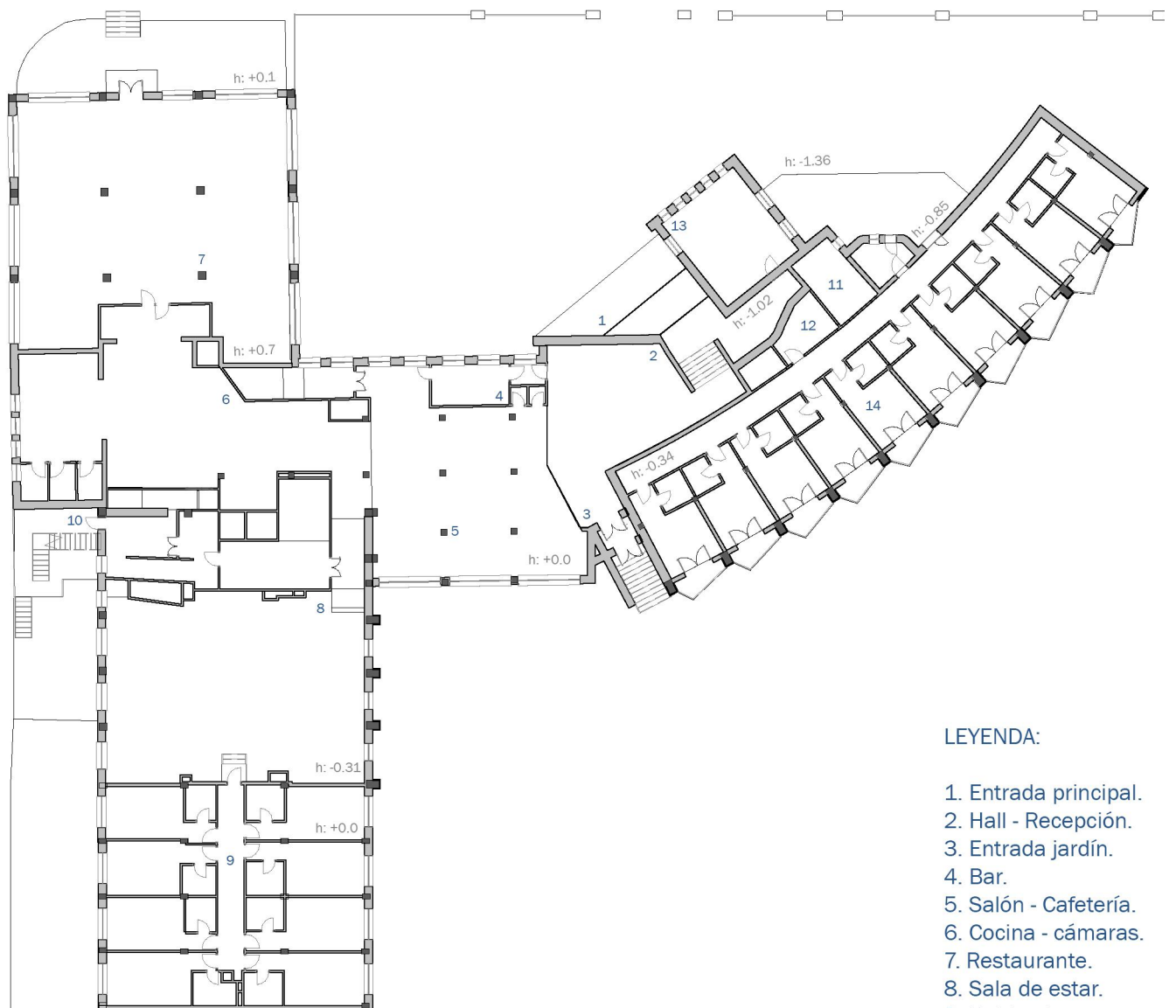
DETALLES Y TRANSMITANCIAS

## 05.A DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

## PLANTAS ALZADOS VISTAS

Aprovechando el modelado BIM, realizado en Revit, se ha generado toda la documentación general desde el mismo. Se muestran, por tanto, las plantas de proyecto, los alzados y las vistas exteriores con alguna información añadida, como usos o alturas de los espacios más representativos del Gran Hotel de Jaca .

PLANTA BAJA E 1:350

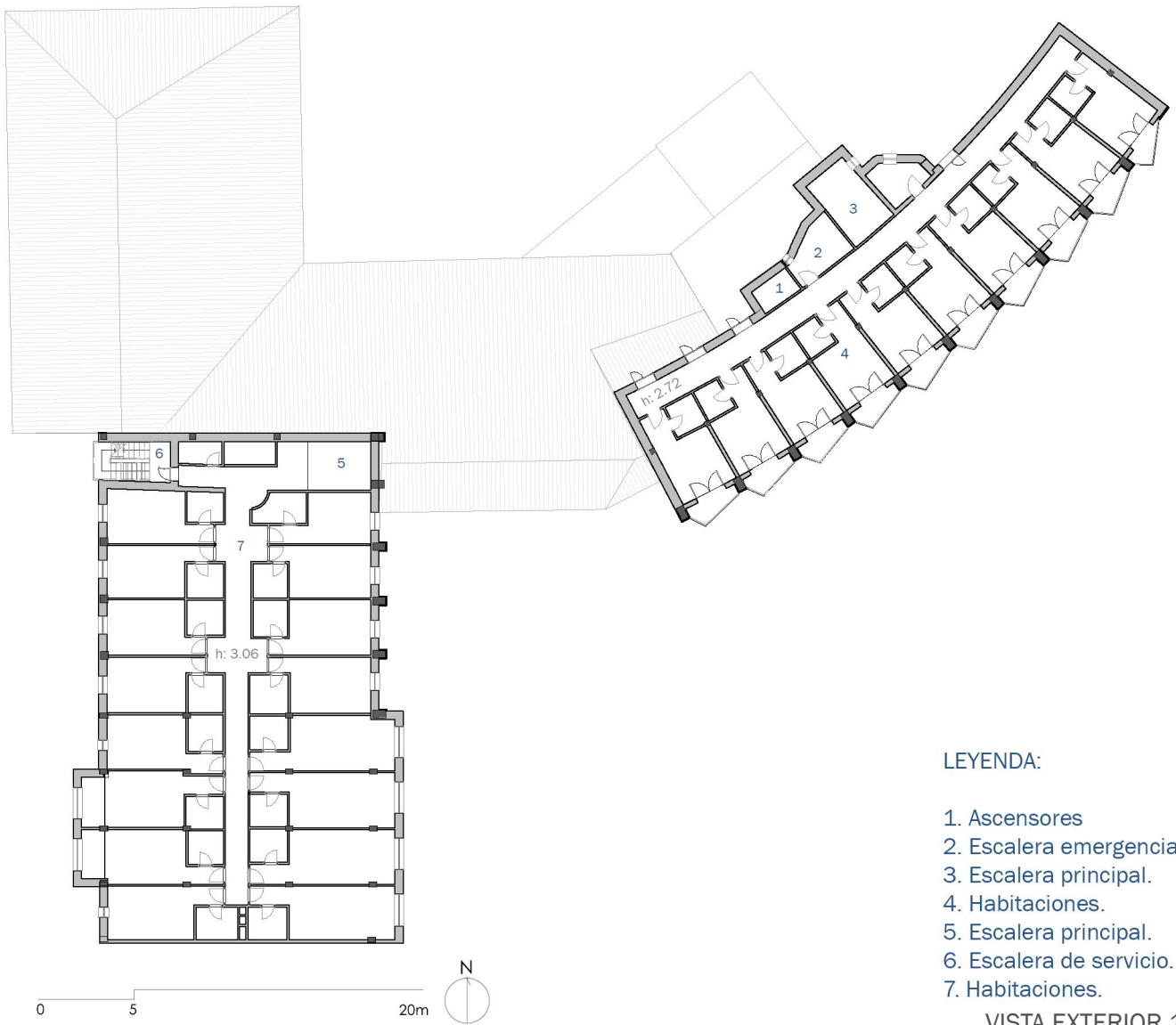


## LEYENDA:

1. Entrada principal.
2. Hall - Recepción.
3. Entrada jardín.
4. Bar.
5. Salón - Cafetería.
6. Cocina - cámaras.
7. Restaurante.
8. Sala de estar.
9. Habitaciones.
10. Entrada servicio.
11. Escalera principal.
12. Escalera de emergencia.
13. Sala de reuniones.
14. Habitaciones.



PLANTAS 1,2,3,4 E 1:350



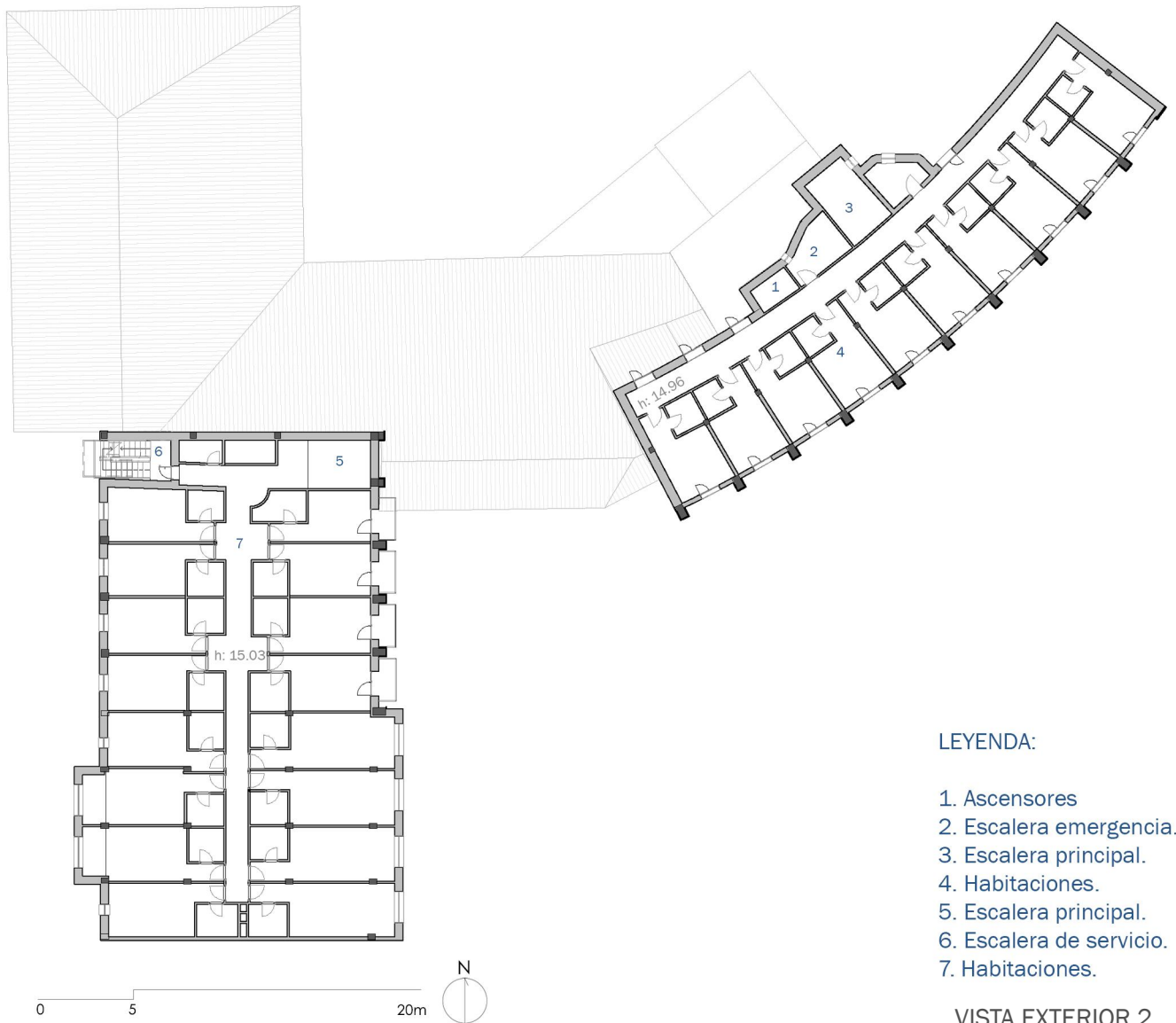
LEYENDA:

- 1. Ascensores
- 2. Escalera emergencia.
- 3. Escalera principal.
- 4. Habitaciones.
- 5. Escalera principal.
- 6. Escalera de servicio.
- 7. Habitaciones.

VISTA EXTERIOR 1



PLANTA 5 E 1:350



LEYENDA:

- 1. Ascensores
- 2. Escalera emergencia.
- 3. Escalera principal.
- 4. Habitaciones.
- 5. Escalera principal.
- 6. Escalera de servicio.
- 7. Habitaciones.

VISTA EXTERIOR 2



PLANTA 6 E 1:350



LEYENDA:

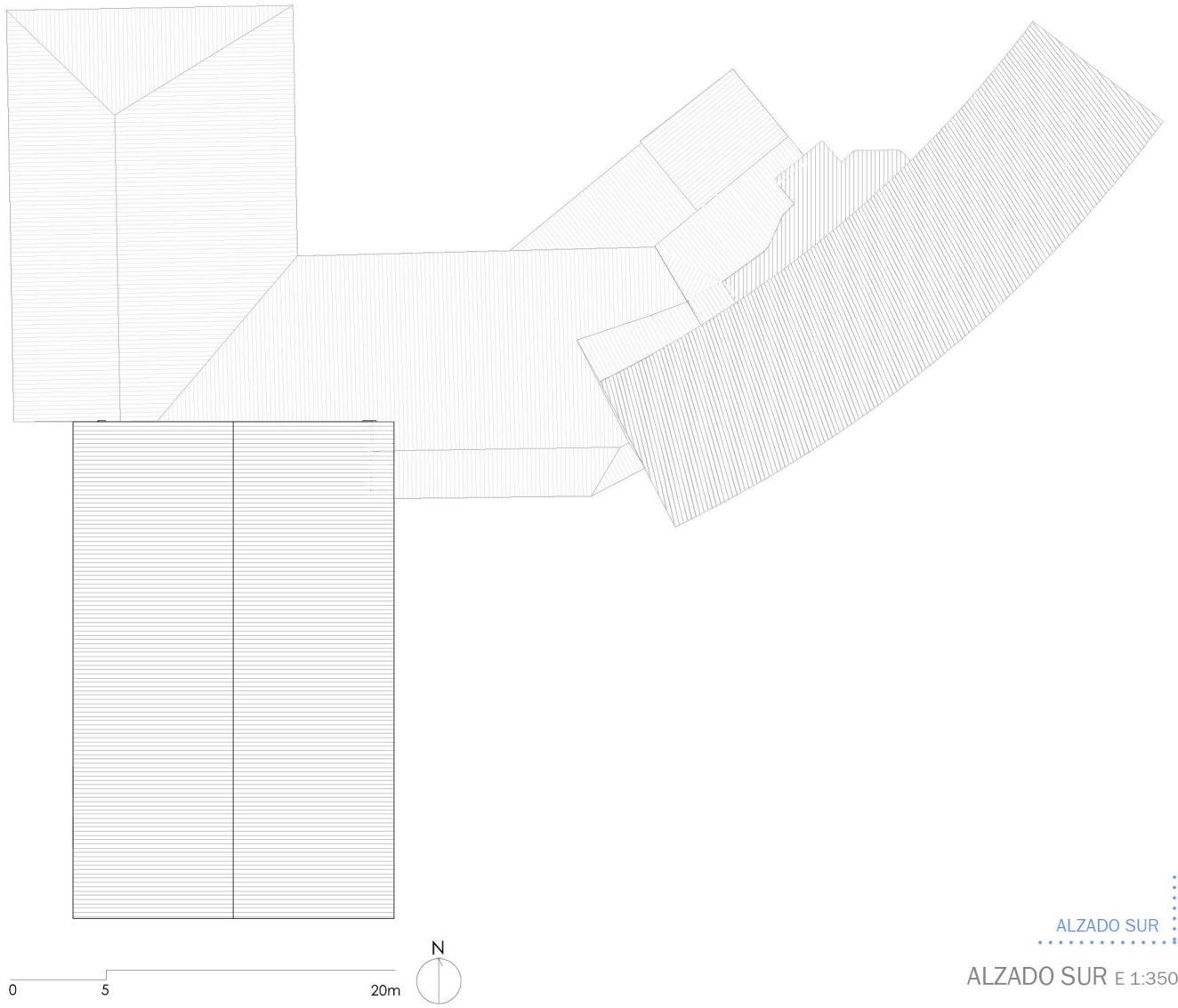
- 1. Escalera principal.
- 2. Escalera de servicio.
- 3. Habitaciones.

ALZADO ESTE E 1:350

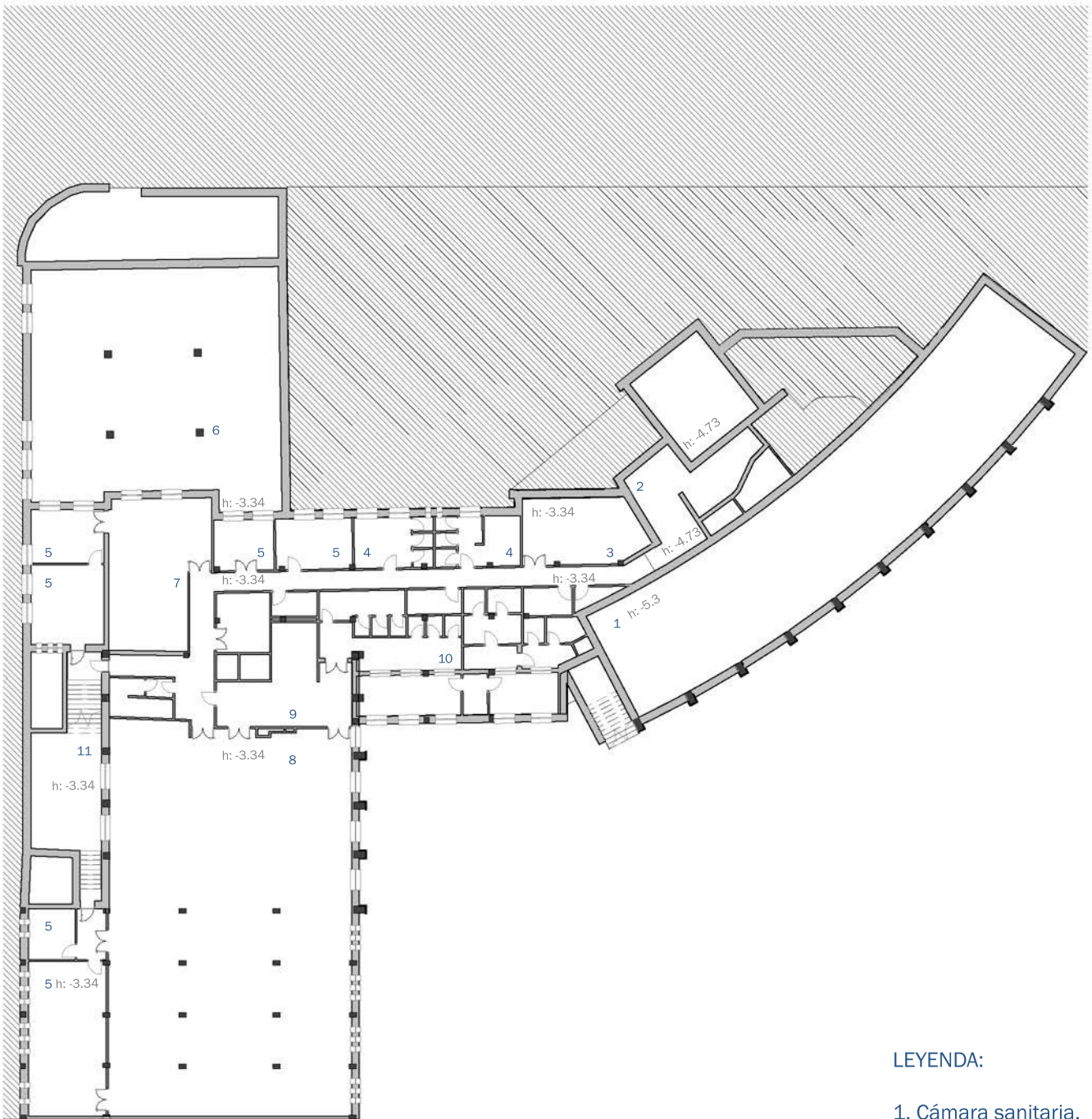




PLANTA CUBIERTAS E 1:350



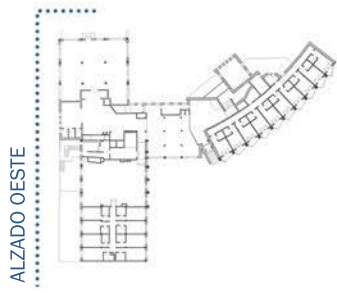
PLANTA SÓTANO E 1:350



LEYENDA:

- 1. Cámara sanitaria.
- 2. Sala de máquinas.
- 3. Sala de máquinas.
- 4. Aseos.
- 5. Almacén.
- 6. Garaje.
- 7. Sala.
- 8. Restaurante.
- 9. Cocina.
- 10. Zona personal.
- 11. Entrada servicio.





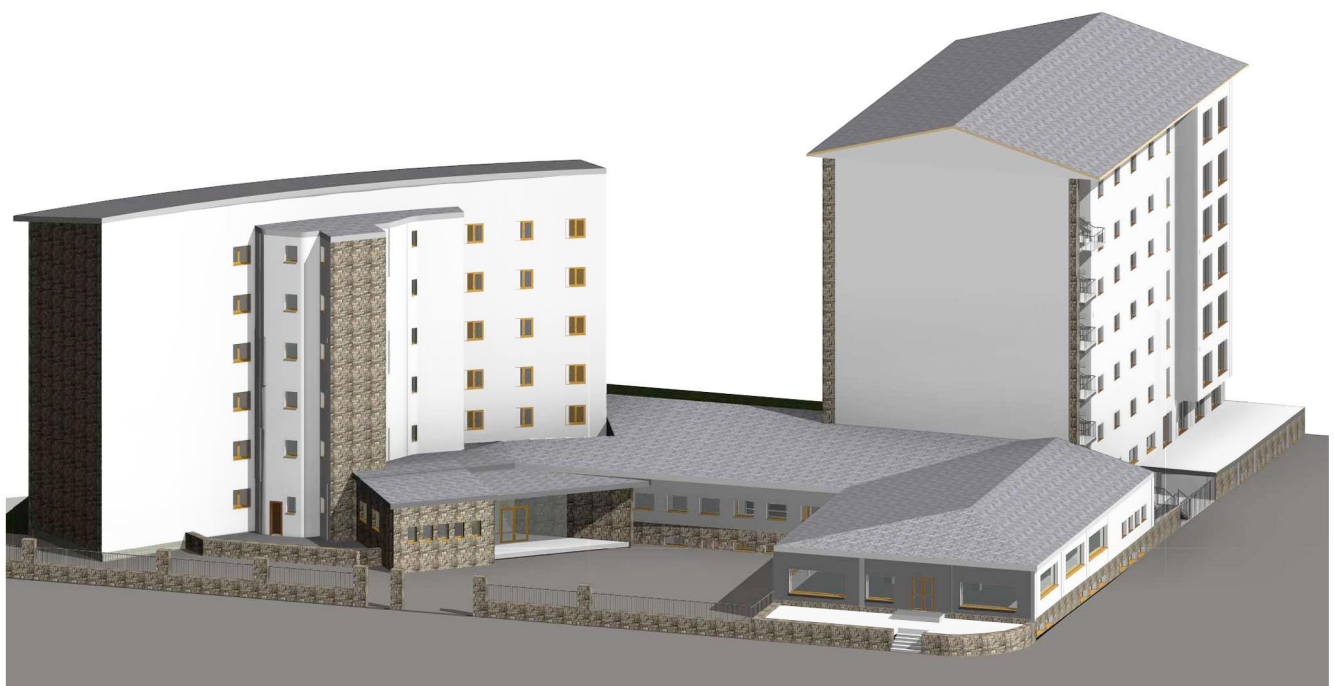
ALZADO OESTE E 1:350



ALZADO NORTE E 1:350



VISTAS EXTERIORES CONJUNTO

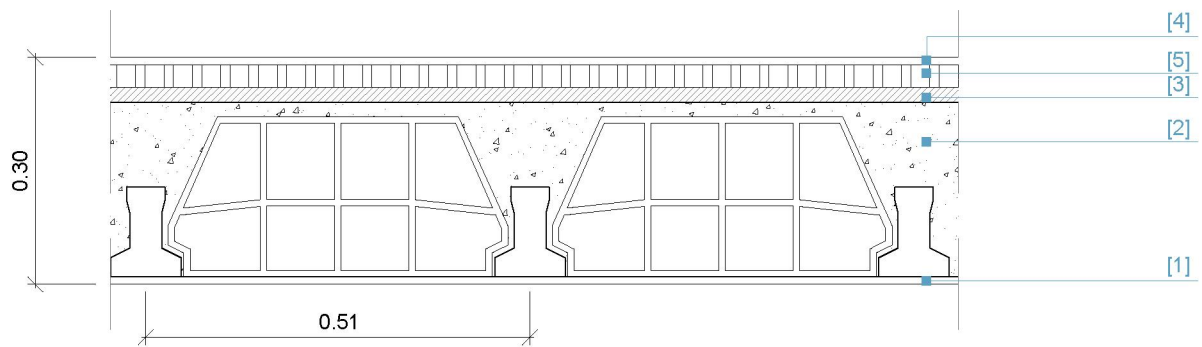


## DETALLES Y TRANSMITANCIAS

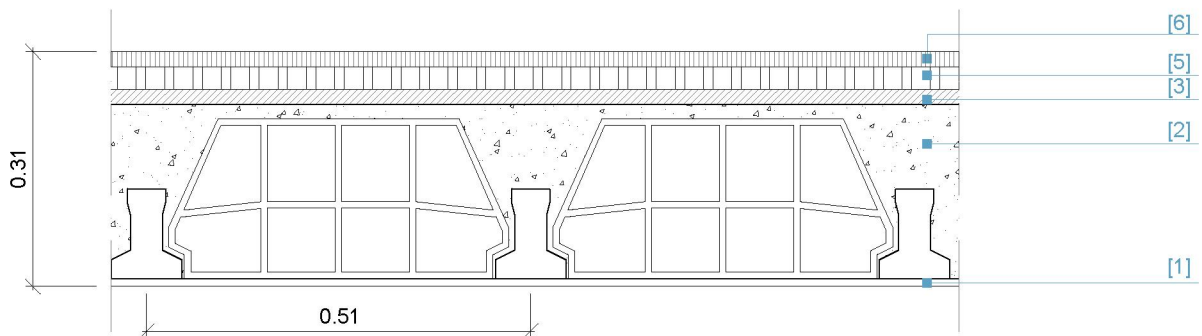
Como consecuencia del análisis energético que se pretende realizar sobre el Gran Hotel de Jaca, se tenía que conocer la información detallada de los elementos constructivos. Por ello, durante la visita al edificio se tomaron medidas de los muros, forjados, ventanas y puertas, quedando toda esta información recogida en el Anexo (ver A2. Definición constructiva). A continuación, se dibujaron los detalles constructivos según la construcción de la época, y con ayuda del catálogo de los elementos se obtuvieron las correspondientes transmitancias.

### FORJADOS E 1:10

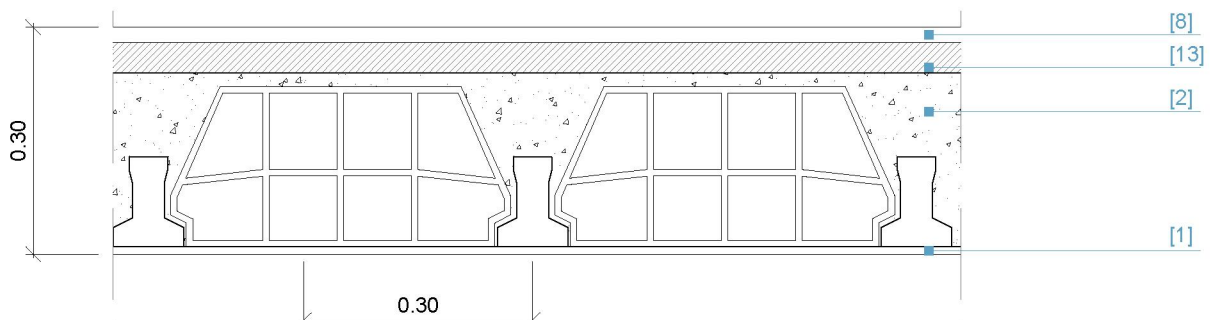
#### 30 - Moqueta Yeso



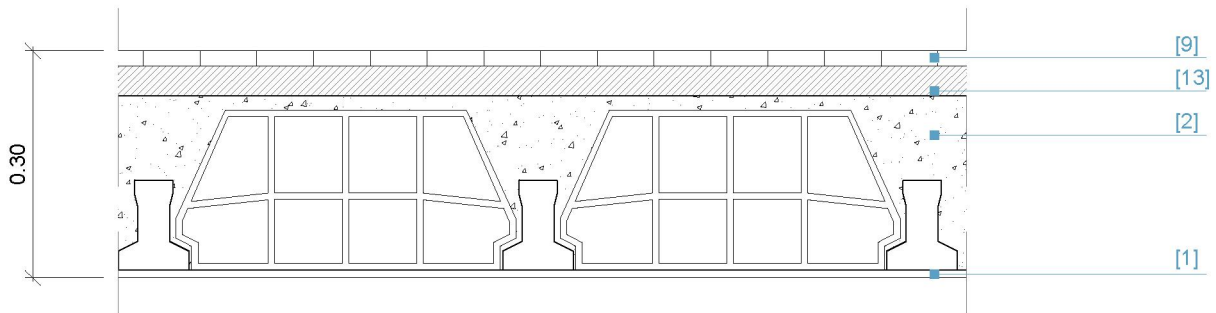
#### 31 - Madera Yeso



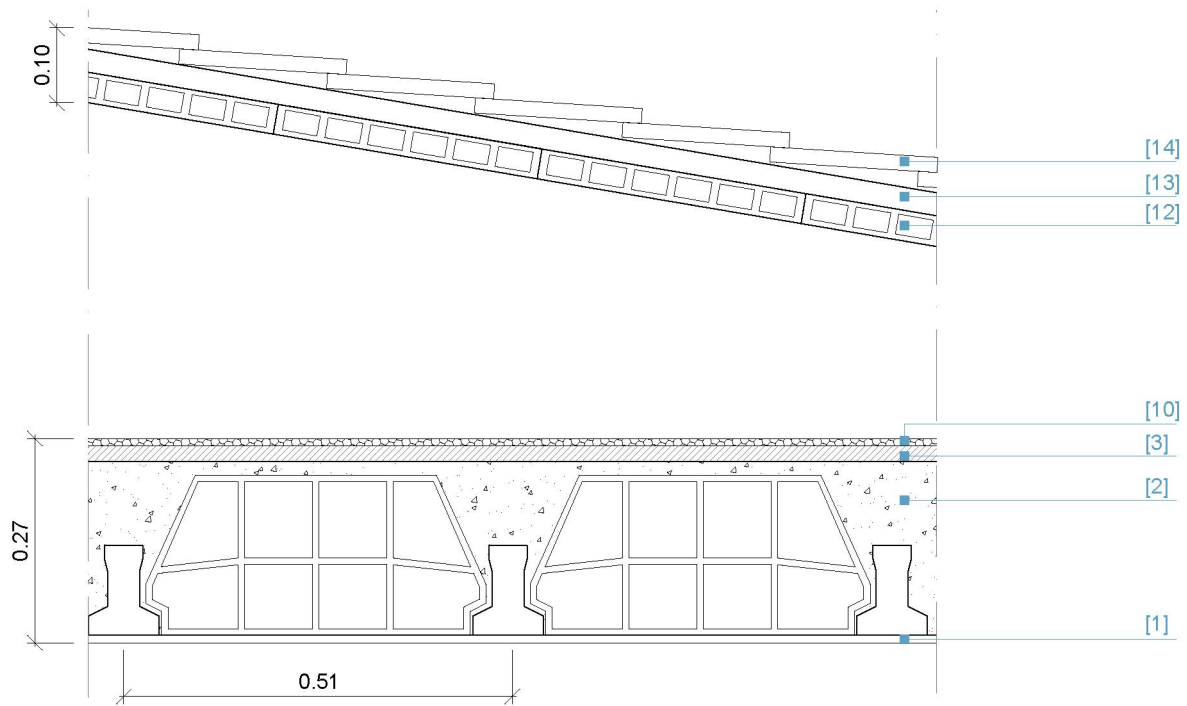
#### 30 - Cemento Yeso



### 30 - Baldosa Yeso



### Cubierta

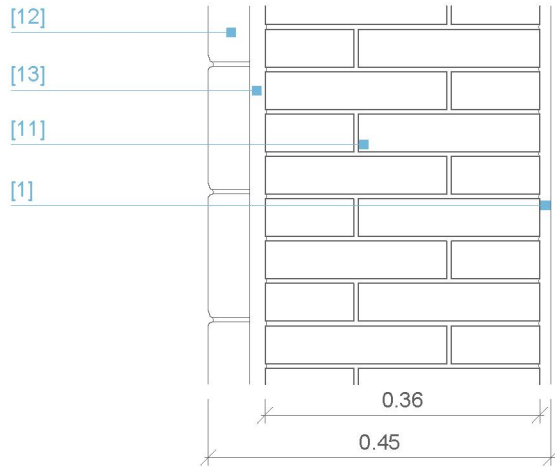


#### LEYENDA:

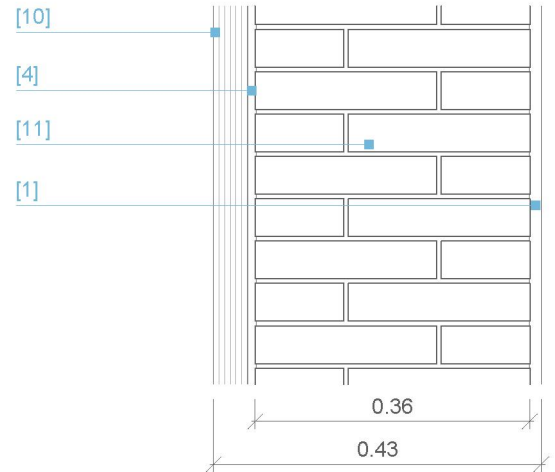
- [1]. Enlucido y guarnecido de yeso 1mm
- [2]. Forjado de H.A viguetas prefabricadas 230mm
- [3]. Camisa de mortero 20mm
- [4]. Moqueta 10mm
- [5]. Tablero de rasilla 30mm
- [6]. Acabado madera laminada 20 mm
- [7]. Camisa de mortero 40mm

- [8]. Acabado cemento pulido impermeable 20mm
- [9]. Baldosa cerámica 20mm
- [10]. Aislante lana de roca extendido 1mm
- [11]. Cámara de aire ( espacio entre forjados)
- [12]. Tablero cerámico machihembrado 40mm
- [13]. Camisa de mortero 30mm
- [14]. Teja piedra lisa pizarra 20mm

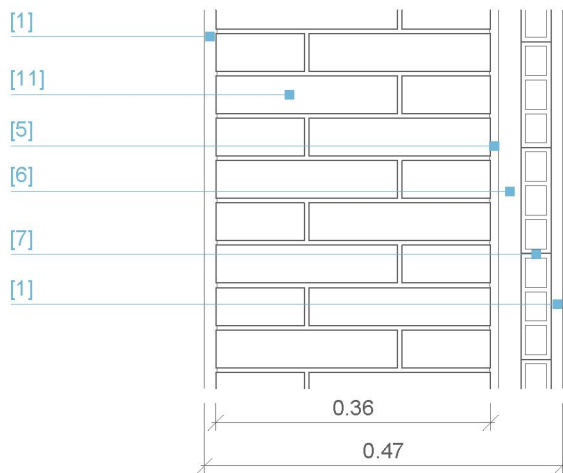
45 Piedra-Yeso



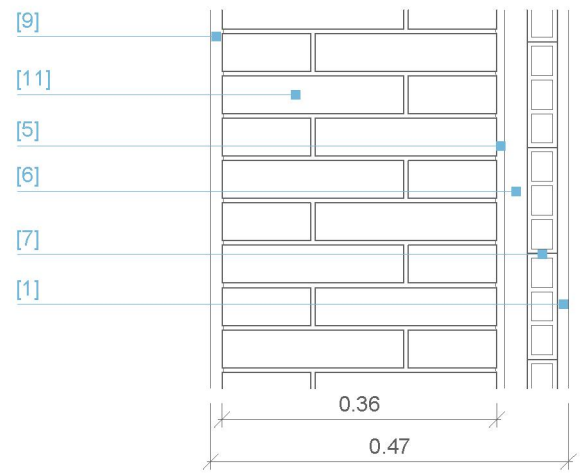
43 Madera-Yeso



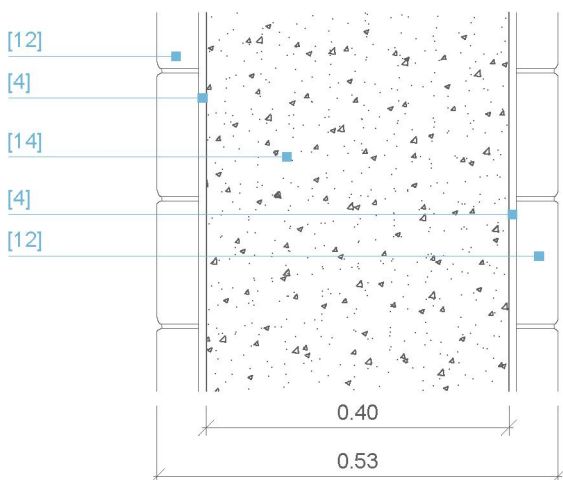
47 Yeso -Yeso



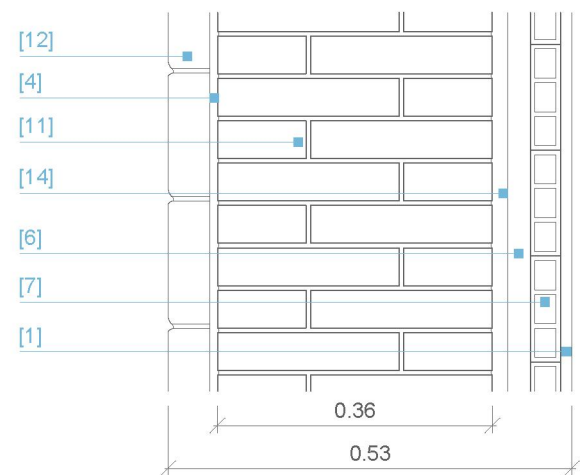
47 Mortero-Yeso



53 Pilar Hormigón



53 Piedra-Yeso

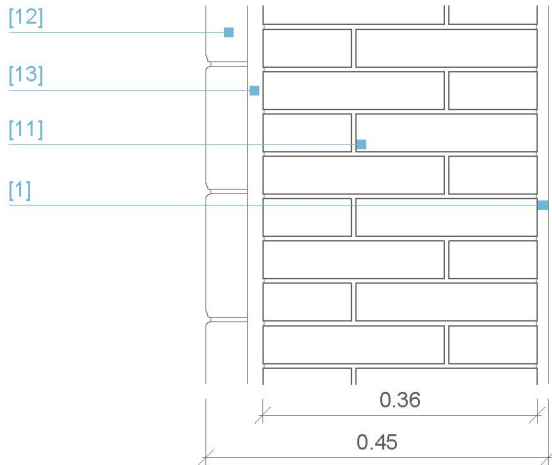


**LEYENDA:**

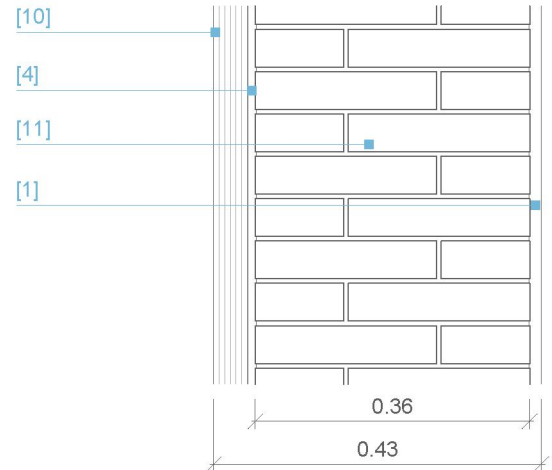
- [1]. Enlucido y guarnecido de yeso 15 mm
- [2]. Tabicón de ladrillo H.D. 90 mm
- [3]. Aplacado cerámico 5mm
- [4]. Mortero de cemento 10mm
- [5]. Ensabanado de mortero de cemento 10mm
- [6]. Cámara de aire sin ventilador 30mm
- [7]. Trasdosado de ladrillo H.S. 40mm

- [8]. Fábrica de ladrillo macizo 1 pie 240mm
- [9]. Revoco exterior de mortero de cemento 15mm
- [10]. Laminado de madera maciza de roble 45mm
- [11]. Fabrica de ladrillo macizo 1+1/2 pie 360mm
- [12]. Acabado de piedra arsénica A.D. 55mm
- [13]. Mortero de cemento 20mm
- [14]. Ensabanado de mortero de cemento 20mm
- [15]. Pilar de hormigón armado 400mm

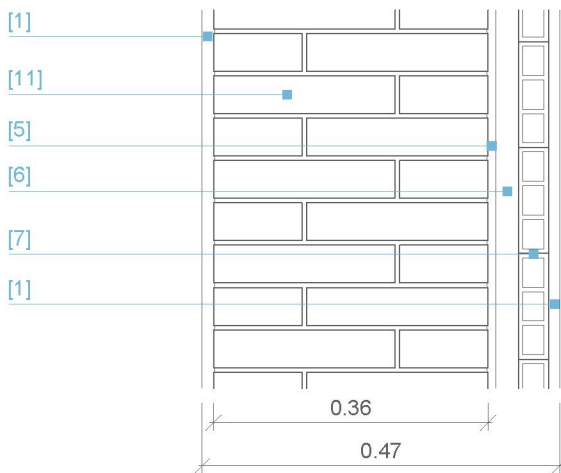
45 Piedra-Yeso



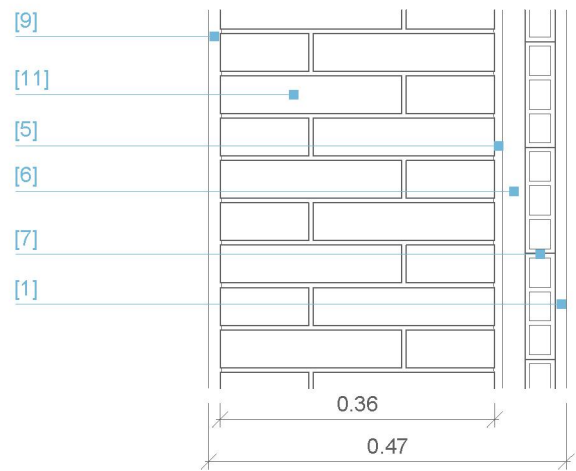
43 Madera-Yeso



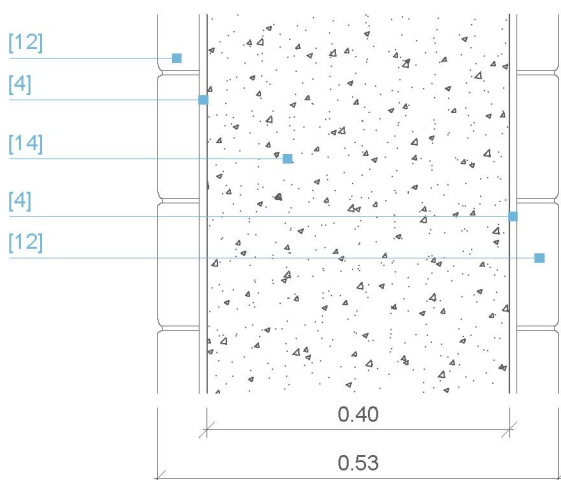
47 Yeso -Yeso



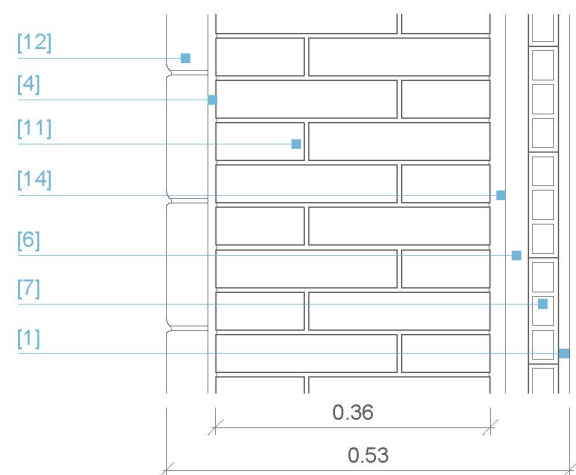
47 Mortero-Yeso



53 Pilar Hormigón



53 Piedra-Yeso



**LEYENDA:**

- [1]. Enlucido y guarnecido de yeso 15 mm
- [2]. Tabicón de ladrillo H.D. 90 mm
- [3]. Aplacado cerámico 5mm
- [4]. Mortero de cemento 10mm
- [5]. Ensabanado de mortero de cemento 10mm
- [6]. Cámara de aire sin ventilar 30mm
- [7]. Trasdosado de ladrillo H.S. 40mm

- [8]. Fábrica de ladrillo macizo 1 pie 240mm
- [9]. Revoco exterior de mortero de cemento 15mm
- [10]. Laminado de madera maciza de roble 45mm
- [11]. Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 pie 360mm
- [12]. Acabado de piedra arsénica A.D. 55mm
- [13]. Mortero de cemento 20mm
- [14]. Ensabanado de mortero de cemento 20mm
- [15]. Pilar de hormigón armado 400mm



## TABLA RESUMEN DE TRANSMITANCIAS MUROS Y FORJADOS

MUROS		U W/ m <sup>2</sup> ·K
1	TIPO : 12 Yeso -Yeso	2,55
2	TIPO : 12 Cerámica-Yeso	2,65
3	TIPO : 12 Cerámica- Cerámica	2,88
4	TIPO : 20 Yeso-Yeso	0,63
5	TIPO : 20 Cerámica-Yeso	0,63
6	TIPO : 27 Yeso- Yeso	17
7	TIPO : 27 Mortero-Yeso	19,9
8	TIPO : 43 Madera-Yeso	3,78
9	TIPO : 45 Piedra-Yeso	12,78
10	TIPO : 47 Mortero-Yeso	0,8
11	TIPO : 47 Yeso-Yeso	0,78
12	TIPO : 53 Piedra- Yeso	0,78
13	PILAR HORMIGÓN	3,48

FORJADOS		U W/ m <sup>2</sup> ·K
14	TIPO : 30 Moqueta - Yeso	0,97
15	TIPO : 31 Madera- Yeso	1,16
16	TIPO : 30 Cemento-Yeso	1,27
17	TIPO: 30 Baldosa Terraza	1,31
18	CUBIERTA	8,57

Figura 13. Toda la documentación de Plantas, Alzados, Vistas, Detalles y Transmitancias.

Como se puede observar en las tablas superiores, las transmitancias tienen unos valores muy altos, ya que en los años 50 cuando se construyó el hotel, en los muros con gran embergadura utilizaban cámara de aire, en vez de utilizar algún aislamiento. Por eso los valores que se obtienen son elevados y, evidentemente, no cumplen el DB HE1 donde se especifican los valores límite aceptados de las transmitancias.

A continuación se muestra la Tabla 2.3 de DB HE1 donde se ve la limitación de la envolvente exterior. En el caso del este hotel hay que tomar de referencia la columna de Zona climática E.

**Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica**

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

<sup>(1)</sup> Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

<sup>(2)</sup> Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

<sup>(3)</sup> La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Figura 14. Tabla 2.3 de DB HE1



## B. GUÍA PARA PASAR DE REVIT A DESIGN BUILDER

MODELADO EN REVIT

EXPORTACIÓN

CORRECCIONES DB

La exportación completa y perfecta de Revit a DesignBuilder no es tan automática como parece, hay que tener en cuenta algunos factores a la hora de modelar en Revit, exportar a gbXML e importar en DesignBuilder. A continuación, se explican las pautas necesarias a seguir en cada una de las tres fases, para conseguir una exportación exitosa.

Figura 15.



## 05.B GUÍA DE EXPORTACIÓN

## B.1. MODELADO EN REVIT (BIM)

Buscando la compatibilidad entre los programas Revit y DesignBuilder, hay que prestar especial atención al modelado en BIM. Depende de cómo se dibuje o cómo se le atribuyan las propiedades al modelo en Revit, DesignBuilder leerá correctamente el modelo o no. A continuación, se dan algunas pautas para realizar un modelado acorde con la lectura de DesignBuilder.



Figura 16. Diagrama de los principales pasos a realizar en Revit para la exportación.

### 1. Colocar los muros y forjados según el criterio de DesignBuilder.

En la imagen de la derecha se muestra cómo se debe dibujar en Design Builder para simular la realidad. En éste caso la situación es la contraria, se va a dibujar en Revit el edificio real según los patrones de Design Builder y éste, interpretará el modelo correctamente. Por tanto, hay que dibujar los forjados hasta el exterior, quedando la cara externa del muro alineada con el final del forjado. Los muros parten del forjado hasta completar la altura de la planta y el techo se completará con el forjado de la planta siguiente.

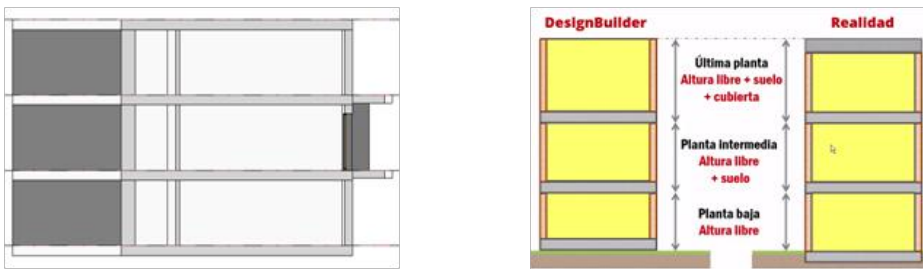


Figura17. Sección transversal edificio curvo. (izqda)  
Figura18. Comparación de la lectura entre realidad-programa. (dcha)

### 2. Las intersecciones de 2 muros como máximo. Simplificar.

Si solamente dos muros van a parar al mismo punto, Design Builder lo interpreta sin problema. Esta limitación no viene impuesta por alguno de los programas, sino que es una conclusión tras muchos ensayos con diferentes geometrías. Como consecuencia, se ha simplificado el edificio con este patrón quitando quiebros y geometrías complicadas como los baños.

Con más de dos muros empiezan a haber problemas, pues cuando tres muros van a parar al mismo punto, en Revit se unen las capas de los muros y la unión suele ser perfecta. En Design Builder los muros se entienden como superficies, que coinciden con la cara exterior o interior del muro real. Cuando tres superficies van a parar al mismo punto, la unión no es bien entendida y DesignBuilder comienza a partir las superficies, duplicarlas y quitarles el material. ([Ver Anexo A1.Ensayo5](#))

### 3. Dibujar elementos de detalle en Revit> Superficies sombra en Design Builder.

Hay que pensar en un modelo simplificado para que en la exportación a DesignBuilder se pasen bien todos los elementos, como cuando se trabaja con cualquier herramienta de análisis energético. Por tanto, no se pretenden introducir todos los detalles del volumen, sino solo aquellos que puedan afectar energéticamente. Por ejemplo, elementos que proporcionen sombra a la fachada o al vidrio, como balcones, o elementos que generen un puente térmico importante en fachada.

En el edificio curvo son muy característicos los balcones de las habitaciones, no solo por la geometría, sino también por la sombra que genera. Por otro lado, el edificio cuenta con unos pilares de piedra exteriores que, aparte de dar sombra, son un gran puente térmico en fachada. En el trabajo se han intentado pasar a DesignBuilder estos dos elementos mediante la exportación. Ha sido un trabajo costoso, la mitad de los ensayos realizados han estado focalizados en estos elementos. Finalmente, solo se ha conseguido el paso de los balcones como superficie de sombra, el forjado de los mismos tiene que ser como todos los demás y tener asociadas propiedades térmicas.


Con los pilares no ha sido posible una exportación perfecta ([Ver Anexo A1. Ensayos 8-15](#)). El correcto paso de detalles complicados no está asegurado actualmente. En el apartado 'B.3 Correcciones en DesignBuilder', se explicará cómo dibujar directamente en el programa los elementos que no se hayan pasado de forma correcta.

### 4. Crear habitación en los espacios que se quieran pasar.

La manera que tiene gbXML de pasar la información de Revit a DesignBuilder es a través de las Habitaciones. Cuando creamos una Habitación en Revit, se le asocian los muros que la componen. Estos muros son los que DesignBuilder interpreta, junto con la Habitación. Por eso, hay que crear Habitación en

todos los espacios que se deseen pasar.

Para crear una Habitación:


1. Pestaña 'Arquitectura' > Botón  .
2. Pinchar en planta los espacios en los que se quieran crear Habitaciones. Se puede cambiar el número y el nombre una vez creadas, esto es muy útil ya que DesignBuilder lo mantiene, por lo que si se cambia será más fácil de identificar a posteriori.

Lo único necesario para crear las Habitaciones es que el espacio esté delimitado por muros, siendo indiferente que no haya forjados. De acuerdo con esto, en los balcones no se puede crear Habitación y por eso se pasan únicamente como elemento de sombra.

#### 5. Atribuir propiedades térmicas a todos los materiales.


La razón por la que se han creado Habitaciones como método de exportación es que éstas permiten pasar también las propiedades térmicas de los muros. Para que los muros y forjados sean leídos correctamente en DesignBuilder, tienen que tener asociados propiedades térmicas todos los materiales que componen los muros y forjados. Si no, aunque los materiales estén definidos en Revit, DesignBuilder no lo leerá y automáticamente asociará un Muro de Proyecto predeterminado del programa. Algunos materiales vienen, por defecto, con las propiedades térmicas asociadas, pero la mayoría no. Por eso hay que comprobar uno a uno e ir completando. Una vez que asocias a un material propiedades térmicas, éstas se mantienen en el resto de muros que lo contengan.

Para comprobar o atribuir las propiedades térmicas:

1. Pestaña 'Arquitectura' > Muro o suelo.
2. 'Propiedades' > Seleccionar del desplegable el Muro/Forjado a comprobar.
3. Botón  > Ventana de Propiedades de tipo > Editar. Se abre la ventana Editar Montaje donde se ven los materiales que componen el muro y se pueden editar.

Capas		CARA EXTERIOR			
	Función	Material	Grosor	Envolturas	Material estn
1	Contorno del núcleo	Capas por encima de envoltente	0.0000		
2	Estructura [1]	Piedra - Gris	0.0400	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Substrato [2]	Hormigón - Mortero	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Contorno del núcleo	Capas por debajo de envoltente	0.0000		

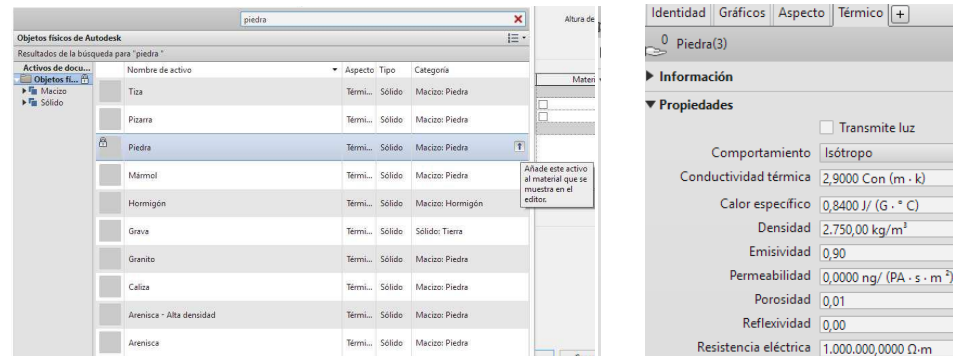
Figura 19. Ventana Propiedades de tipo. Capas del elemento.

4. Seleccionar un Material, como Piedra-Gris.
5. Botón ... > Ventana Explorador de Materiales > Pinchar en el + > Añadir 'Térmico'. 
6. 'Explorador de Objetos' > escribir el material que se busca (Piedra) > Clic en la Flecha hacia arriba para cargar el material.

7. Volver hacia atrás para ir comprobando que todo tiene propiedades térmicas.

Figura 20. Librería de materiales de Revit. (izqda)

Figura 21. Resultado al asociar propiedades térmicas a un material. (dcha)



Si se tuvieran valores exactos del material se podrían cambiar en la pestaña de Térmico por los valores exactos del fabricante. Sólo faltaría comprobar el resto de materiales del muro seleccionado, así como el resto de muros y forjados. Y una vez terminado el proceso, cada muro y forjado tendría que tener un valor de Transmitancia, Resistencia y Masa Térmica en la ventana de Propiedades de Tipo.

6. Asignar materiales a las ventanas y puertas.

Igual que con los Muros/Suelos, si se selecciona Puertas o Ventanas en la pestaña 'Arquitectura', aparece en Propiedades el desplegable de todas las existentes.

1. Seleccionar la Puerta/Ventana a comprobar
2. Botón > Ventana de Propiedades de tipo.
3. Columna de Parámetros > Construcciones analíticas > Seleccionar un tipo, por ejemplo "Marco madera cristal transparente". Aparecen entonces datos de Transmitancia y Resistencia.

Figura 22. Ventana de Propiedades térmicas.

-----	-----
Anchura	1,6000
Grosor de marco	0,0500
Grosor	
<b>Propiedades analíticas</b>	
Transmitancia de luz visual	0,000000
Coefficiente de incremento de calor solar	0,000000
Coefficiente de transferencia de calor (U)	5,6212 W/(m²·K)
Construcción analítica	Marco de madera con cristal transparente simple
Resistencia térmica (R)	0,1779 (m²·K)/W

Al igual que los forjados o los muros, si a las puertas y ventanas no se le aplican materiales y propiedades térmicas, que en el caso de puertas y ventanas van ligadas, no serán leídas por Design Builder y no aparecerán.



## B.2 EXPORTACIÓN REVIT-DESIGN BUILDER

Hay dos maneras de realizar la exportación de Revit a DesignBuilder. La primera sería mediante el Plug-in que hay instalado en Revit, y la segunda mediante el formato gbXML que exporta Revit y DesignBuilder importa. La primera manera no suele interpretar bien los elementos, según las primeras pruebas realizadas, apareciendo interpretaciones extrañas en DesignBuilder; además, cuando has utilizado el plug-in una serie de veces puede dejar de funcionar. La compatibilidad directa de programas aún está por mejorar.



Figura 23. Dos caminos posibles para la exportación.

Mientras que con la segunda manera, el formato gbXML, no hay problemas en la exportación. Si hay elementos que no se pasan o se leen incorrectamente es porque el programa no puede interpretar lo hecho en Revit, o porque se sobrepasa la información que puede leer. También queda mucho que mejorar en este sentido pero, de acuerdo a las pruebas realizadas, la mejor manera y la que se describirá será la exportación a gbXML.

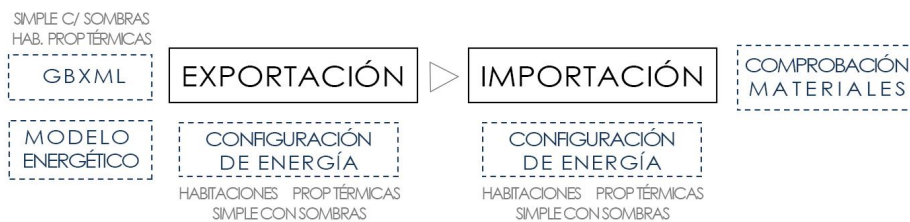



Figura 24. Resumen de pasos para la exportación/importación.

### 1. Configuración de energía

En la pestaña Analizar, en el apartado análisis energético, se encuentra el botón, Configuración de energía . Se abrirá una ventana como la siguiente.

Común	
Tipo de edificio	Hotel
Ubicación	42.5695114135742,-0.55282324552536
Plano de suelo	01_Baja
Modelo detallado	
Categoría de exportación	Habitaciones
Complejidad de exportación	Simple con superficies de sombreado
Incluir propiedades térmicas	<input checked="" type="checkbox"/>
Fase de proyecto	Nueva construcción
Tolerancia de espacios estrechos	0.3048
Envolvente de edificio	Usar parámetro Función
Tamaño de celda de rejilla analítica	0.9144

Figura 25. Ventana Configuración de energía.

Las opciones principales que hay que marcar son:

1. Categoría de exportación> Habitaciones.
2. Complejidad de exportación > Simple con superficies de sombreado.
3. Incluir propiedades térmicas.
4. Envoltente > Usar parámetro función.


A continuación, se explicarán las diferentes opciones que se pueden seleccionar, y por qué hay que marcar las enumeradas anteriormente. El 'Plano de suelo' indica desde qué planta se va a realizar el modelo energético. Si hay cinco plantas, pero sólo se van a analizar la tercera, cuarta y quinta, habría que marcar como plano de suelo la planta tres. Así se simplifica el volumen que tiene que leer DesignBuilder.

En 'Categoría de exportación' se puede escoger Habitaciones o Espacios. "La opción que lleva consigo el paso de propiedades térmicas es la de Habitaciones, ya que permite 'Incluir Propiedades Térmicas'. Para utilizar esta opción, el modelo debe incluir elementos de edificación con datos térmicos para los materiales, si no aparecerán en las propiedades térmicas valores por defecto. Con la opción de Espacio se consiguen pasar los valores por defecto de cargas de personas, cargas eléctricas, ocupación, iluminación, planificación de potencia, y configuración de tipos de edificio/espacio."<sup>1</sup> Por tanto, se marcará como 'Categoría de exportación' 'Habitaciones' y se hará clic en 'Incluir Propiedades Térmicas'.

La 'Complejidad de exportación' varía el grado de detalle que se le da a los huecos. Hay dos opciones: simple y compleja. "La complejidad simple se usa para análisis de cargas de calefacción y refrigeración, habiendo después que especificar si se exporta la información de sombreado o no."<sup>2</sup> Para el paso completo se marcará 'Simple con superficies de sombreado'.

Por último, 'Envolverte del edificio', no tiene nada que ver con las propiedades térmicas. Así que si se selecciona 'Usar parámetro función' es como marcar los valores predeterminados. Mientras que si se selecciona 'Identificar elementos exteriores' se realizará un análisis más intenso para determinar las superficies exteriores del edificio. Para lo que se va a hacer ésta exportación, con los valores predeterminados es suficiente, así que se recomienda seleccionar, ' Usar parámetro función'.

## 2. Modelo energético

En la pestaña Analizar, en el apartado análisis energético, se encuentra el botón 'Mostrar modelo energético' .

Al crear este modelo, aparece directamente un apartado encima de {3D}, en el apartado Vistas 3D, Modelo energético, en el que se ve una visualización 3D pero con lo que Revit denomina, superficies analíticas. Este modelo con superficies analíticas es una muestra aproximada de lo que se va a pasar a

<sup>1</sup> Sitio web.Autodesk Revit 2016 Ayuda. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/>

<sup>2</sup> Ibídem.

DesignBuilder, por lo que si se detecta que hay muros solapados, o uniones que no se están realizando bien, se debe volver al modelo normal de Revit y revisar esas uniones. Cada vez que se haga un cambio en el modelo o en la configuración de energía habrá que volver a crear el modelo energético.

Cuando el modelo energético funcione perfectamente, también lo hará DesignBuilder.

### 3. Exportar gbXML

Con el modelo energético creado, se puede pasar a la exportación:

1. Exportar>gbXML> Ventana de Configuración gbXML.

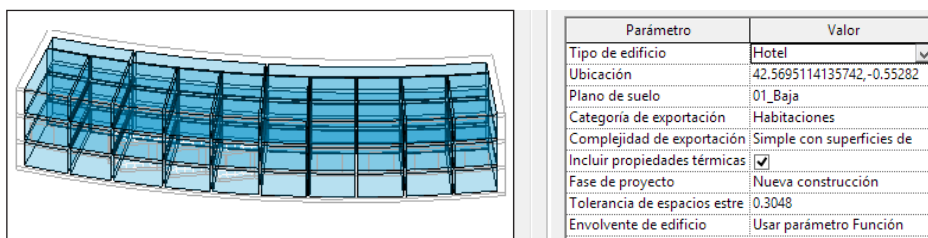


Figura 26. Ventana de configuración gbXML.


El modelo de la derecha solamente muestra las Habitaciones creadas, no es una muestra de cómo se va a pasar a DesignBuilder. En el cuadro de la izquierda, hay que seleccionar las mismas opciones que se han elegido en la 'Configuración de energía', que eran:

2. Categoría de exportación > Habitación.
3. Complejidad > Simple con superficies de sombra.
4. Incluir propiedades térmicas.
5. Envoltente > Usar parámetro función.

Finalmente, se guarda en la ubicación que se desee y se podría cerrar Revit para abrir DesignBuilder.

### 4. Importar en DesignBuilder

Tras abrir DesignBuilder:


1. Crear un nuevo archivo  > Ventana de Datos del Nuevo Proyecto, en la que se puede seleccionar la ubicación. El resto de opciones se pueden quedar tal y como están predefinidas. Se abrirá la pantalla de dibujo de DesignBuilder. Para poder dibujar, o importar algún archivo debe haber un 'edificio' creado al que se le asocien los cambios.

2. 'Crear nuevo edificio' . De la ventana que se abre de Datos, no es nece



Figura 27. Pasos para la importación.

sario rellenar o cambiar nada.

3. Archivo > Importar > Importar modelo BIM. O bien pinchando en el botón  Importar modelo BIM.

4. Seleccionar el archivo gbXML > Ventana con la Vista previa y , lo más importante, las Opciones de importación. Éstas quedan debajo de la vista previa, así que es importante bajar la pantalla hasta llegar a éstas opciones.

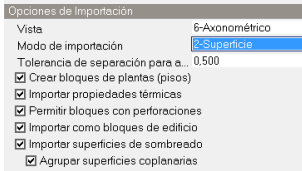


Figura 28. Opciones de Importación Design Builder.

5. En el 'Modo de importación' hay que seleccionar 2-Superficie o 1-Automático, ya que en Revit el modelo energético se había creado mediante Habitaciones.

6. Marcar 'Importar Propiedades Térmicas' y asegurar que 'Importar superficies de sombreado' también está marcada.

5. Comprobar que todas las superficies tengan material.

Después de todos los pasos anteriores, se ha generado este modelo del edificio curvo. En el árbol de la izquierda aparecen todos los elementos creados, desde el Edificio que se creó en primer lugar, hasta los Planos de Sombra importados. Aparecen 3 Bloques, uno por cada planta, y dentro de esos Bloques las diferentes Habitaciones que se habían creado en Revit, que se exportan a DesignBuilder con el nombre que se haya puesto en Revit. En este caso, en el Bloque 1, que es la planta intermedia, se marcaron las 3 Habitaciones a analizar, y el resto de las Habitaciones fueron descritas como Habitación izquierda o derecha. En los bloques 2 y 3 se describieron las Habitaciones como abajo o arriba, dependiendo de si se correspondían con la planta superior o inferior.

Dentro de cada Habitación, por ejemplo, 20 Habitación 1, se van a encontrar todos los muros que la componen. Al seleccionar un muro, se pueden ver las propiedades:

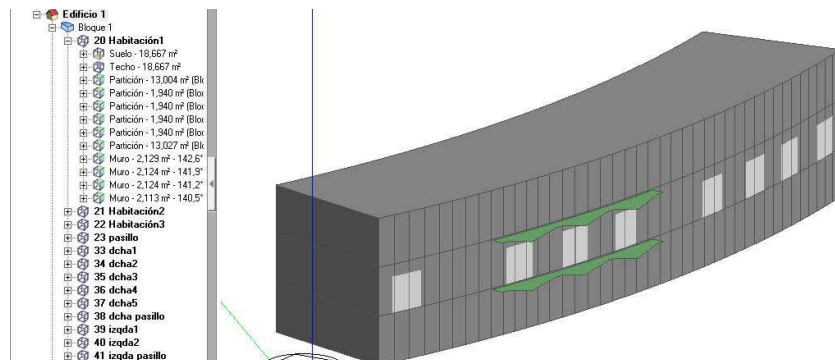


Figura 29. Modelo final y la descomposición en muros.

1. Pestaña 'Cerramientos', donde habrá que comprobar que cada muro tenga asociado el material que se puso en Revit.

Dado que el edificio que se está analizando es curvo, DesignBuilder interpreta la curva como una sucesión de pequeños rectángulos, en vez de ser una única superficie. ¿En qué afecta esto al análisis? En que cada Habitación, en vez de tener un único muro exterior, va a tener tres o cuatro, ya que esos tres o cuatro muros son en realidad los rectángulos que componen el muro. Además, los muros exteriores suelen tener Ventanas, por lo que algunos de esos rectángulos de la fachada tendrán partes de Ventanas asociadas, pues la Ventana es más grande que un rectángulo, así que ocupará un par de 'muros' rectangulares. A continuación, se muestra esto gráficamente.

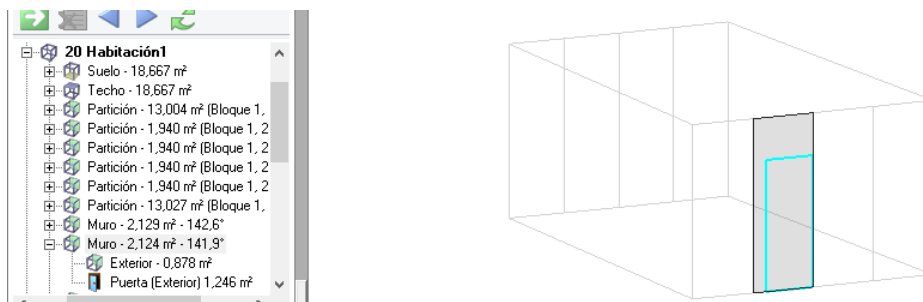


Figura 30. Rectángulo de muro con puerta.

En este muro de la Habitación 1, hay muro y parte de Ventana. Y en el árbol, al desplegar el + del muro, también aparece el muro + Ventana o Puerta en éste caso. Hay que comprobar que el material sea correcto tanto del muro Exterior como de la Puerta Exterior.



Figura 31. Comprobación muro exterior.

Figura 32. Comprobación puerta exterior.

Habría que realizar este proceso con todos los muros de todas las Habitaciones de todos los Bloques. Buscando, principalmente, que las 3 Habitaciones a analizar estén perfectas, ya que el resto serán convertidas en Bloques adiabáticos y el material se pierde.

## 6. Consecuencias de trabajar con un edificio curvo.

DesignBuilder, como se ha comentado anteriormente, descompone la superficie curva total en rectángulos más pequeños, similar a cuando se triangula una superficie. Por tanto, en cada Habitación del hotel en vez de haber un muro exterior, hay cuatro muros exteriores.

Cuando se trata de una habitación esto no afecta, ya que DesignBuilder lee perfectamente los 4 muros exteriores que hacen la curva, los 4 muros interiores que también hacen curva, y las dos particiones laterales. Sin embargo, cuando, por simplificar, en vez de dibujar todas las Habitaciones de la planta, sólo se dibujan las tres que se van a analizar, y el resto de las Habitaciones se modelan como un único espacio, empiezan los problemas. Si los muros fueran rectos, como en el edificio de la ampliación del Gran Hotel de Jaca, no habría problema, ya que a ese gran espacio se le asociaría un muro exterior; sin embargo, el edificio que se analiza es curvo, por tanto el muro exterior curvo es en realidad la suma de un elevado número de muros, y lo mismo con el muro interior curvo. Cuando tantos muros están asociados a una Habitación, DesignBuilder no es capaz de asumir tanta información y empieza a perder materiales de algunos muros al azar. Por tanto, la exportación no se realizará completa y con las mismas características que el modelo en Revit.


En este caso, lo que se ha hecho ha sido dibujar en Revit todas las Habitaciones, es decir, las tres a analizar y el resto. Y no solo en la planta intermedia, sino también en las plantas superior e inferior. Con esto se consigue que aparezcan en DesignBuilder 13 Habitaciones por planta, con unas 12 superficies asociadas a cada una y leídas perfectamente; en vez de 1 Habitación con, aproximadamente, 100 superficies sin una buena lectura.

## B.3 CORRECCIONES EN DESIGN BUILDER

### 1. Mover elementos puntuales. Superficies de sombra.

Las superficies de sombra que han sido importadas de Revit, aparecen en el modelo de DesignBuilder separadas de la envolvente. Probablemente sea porque esa distancia se corresponda con el espesor real del muro, y que DesignBuilder coja las superficies por el interior.


Para arreglarlo, hay que seleccionar los elementos a mover. En este caso, se seleccionan las dos superficies de sombra ya que hay que desplazarlas la misma distancia.

1. Seleccionar objetos.
2. Botón 'Mover objetos' , que es una de las opciones booleanas que tiene DesignBuilder.
3. Sobre la superficie seleccionada se busca que el vértice aparezca en verde para pinchar con precisión y poder desplazar.

### 2. Dibujar los elementos que no se hayan conseguido con la importación. Pilares exteriores.

Como ya se ha comentado, no se han conseguido exportar los pilares exteriores de piedra. Y, dado que son elementos importantes para las sombra, y sobre todo para los puentes térmicos, se van a dibujar directamente en DesignBuilder.

Para los elementos puntuales de detalle, se van a 'Dibujar Bloques':

1. Botón  >Ventana 'Opciones de Dibujo'.
2. Tipo de bloque : Componente
3. Forma : Extruida.

Hay tres tipos de bloque:

1. Los bloques de edificio, permiten modelar una parte del edificio generando zonas con los correspondientes cerramientos.
2. Los bloques de contorno, son fáciles de manipular para conseguir geometrías complejas, y tienen la capacidad de ser convertidos posteriormente en bloques de edificio o de componente.
3. Los bloques de componente, generan bloques sólidos sin zonas térmicas, pero permiten considerar las obstrucciones solares que afectan al edificio; se suelen utilizar para elementos accesorios, como salientes. Los bloques de componente creados aparecerán al final del árbol, los de edificio aparecerán

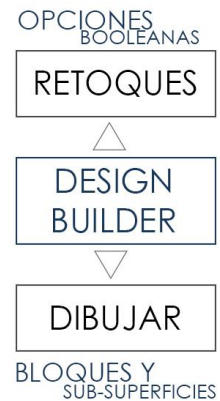
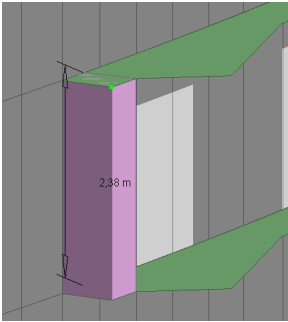
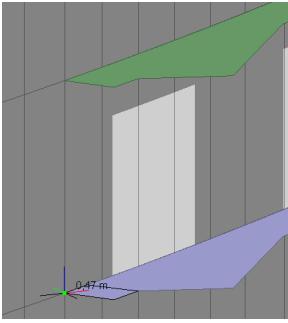


Figura 33. Resumen de correcciones en Design Builder.



Figura 34. Ventana Opciones de Dibujo. Opciones a marcar.



Figuras 35 y 36. Creación de los pilares de piedra con bloques.

como nuevos bloques, y los de contorno no aparecerán.<sup>3</sup>

El que sean elementos sólidos, sin zonas, manipulables independientemente, con posibilidad de aplicarles material, y que generen sombras, es lo que hace que se utilice 'Bloque de Componente'. También podría utilizarse un bloque de contorno, pero por todo lo anterior, se recomienda el de componente. En éste caso, no va a ser necesario asignar material al bloque, pues va a ser un elemento de sombra. El puente térmico se definirá mediante sub-superficies en la fachada que, según el manual, es la manera para dibujar los puentes térmicos.

El resto de opciones que aparecen sirven para seleccionar la manera de dibujar, pero no afectan a las propiedades del bloque. En Forma, se elige 'Extruida', por la facilidad de dibujar en planta y estirar hasta el punto deseado, sin necesidad de conocer la altura exacta. En éste caso, para dibujar los pilares, se toma de referencia la línea de los balcones y se trazan perpendiculares hasta la fachada.

---

<sup>3</sup>Arturo Ordoñez García. «Manual de ayuda DesignBuilder en español Introducción». (2014), 10.



# C. ANÁLISIS ENERGÉTICO EN DESIGN BUILDER

INFORMACIÓN COMPLETAR

PARÁMETROS ANALIZAR

RESULTADOS ANÁLISIS

## 05.C ANÁLISIS ENERGÉTICO

## C.1 INFORMACIÓN QUE COMPLETAR EN EL ARCHIVO

Antes de realizar el Análisis energético se van a introducir algunos datos para que los resultados sean lo más reales posibles. Los más importantes a tener en cuenta son:

1. Ubicación, por el clima y las temperaturas.
2. Puentes térmicos, porque son puntos con grandes pérdidas de carga.
3. Espacios adiabáticos, para simplificar el modelo y centrarnos en una habitación.

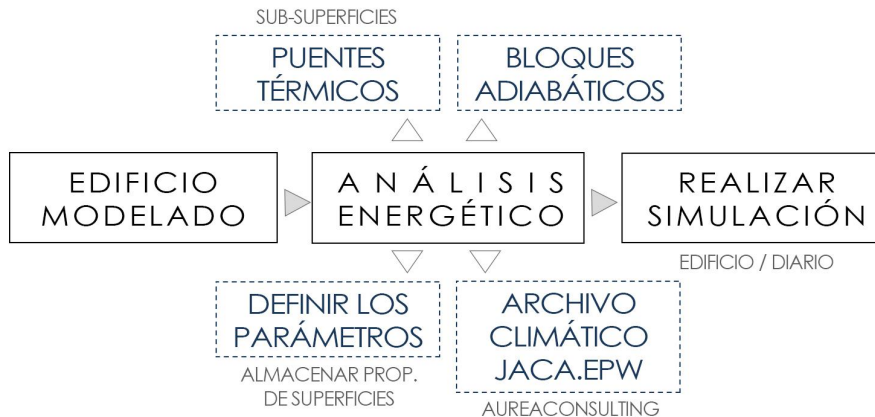


Figura 37. Resumen pasos seguir en el Análisis energético.

### 1. Espacios adiabáticos.

De acuerdo con la definición de ‘Bloques adiabáticos’ del Manual de Design-Builder,<sup>1</sup> éstos se utilizan para dibujar el volumen adyacente a la zona a analizar, siempre que tengan condiciones térmicas similares. Se puede simplificar el volumen como se desee, ya que sólo se va a tener en cuenta la inercia térmica del muro, pero no va a haber una transferencia de calor.

En este caso, se han escogido tres Habitaciones para analizar la de en medio. El resto del volumen de la planta, así como la planta superior e inferior, se van a convertir en adiabáticos. Todos los espacios son Habitaciones del hotel y, por tanto, tienen las mismas condiciones térmicas.

Se puede pasar a adiabático un bloque, una habitación, o una superficie, de la siguiente manera:

1. Pestaña superior de Cerramientos.
2. Adyacencia > 4-Adiabática.

En el caso de estudio, los bloques dos y tres se convierten en adiabático. Mientras que en el bloque uno, se convierten todas las habitaciones menos la Habitación 1, 2, 3, y el pasillo.

Definición adiabático:

1. adj. Fís. Dicho de un recinto que no permite el intercambio térmico entre su interior y el exterior, pero si la transferencia de calor por acumulación de calor en la masa de los elementos constructivos que lo encierran (inercia térmica).(RAE)

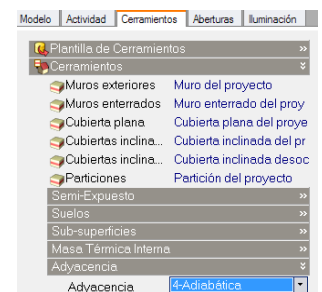


Figura 38. Conversión a Adiabático.

<sup>1</sup> Arturo Ordoñez García. «Manual de ayuda DesignBuilder en español Introducción». (2014), 30.

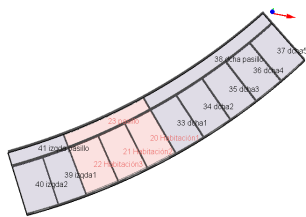


Figura 39. Habitaciones que no se convierten en adiabáticas.

Definición puente térmico:  
El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE, sección HE1, define puente térmico como aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.

Figura 40. Puente térmicos.

Plantilla de Cerramientos	
Cerramientos	
Muros exteriores	Muro del proyecto
Muros enterrados	Muro enterrado del proyecto
Cubierta plana	Cubierta plana del proyecto
Cubiertas inclinadas (ocupada)	Cubierta inclinada del proyecto
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubierta inclinada desocupada del proyecto
Particiones	Partición del proyecto
Semi-Expuesto	
Suelos	
Sub-superficies	
Masa Térmica Interna	
Bloque de Componente	
Geometría, Áreas y Volúmenes	
Convección superficial	
Puentes Térmicos Lineales en Juntas	
<input checked="" type="checkbox"/> Especificar Valores Psi	
Valores Psi Cuando Hay Revestimiento Metálico	
Valores Psi Cuando NO Hay Revestimiento Metálico	
Cubierta-Muro (W/m-K)	0,180
Muro-Suelo sobre terreno (W/m-K)	0,240
Muro-Muro (esquinas) (W/m-K)	0,140
Muro-Suelo (Int - no suelo sobre terreno) (W/m-K)	0,110
Muro-Suelo (Ext - no suelo sobre terreno) (W/m-K)	0,180
Dintel sobre ventana o puerta (W/m-K)	0,450
Alféizar bajo ventana (W/m-K)	0,080
Jamba de ventana o puerta (W/m-K)	0,090

## 2. Puentes térmicos. Dibujar sub-superficies.

En DesignBuilder, los puentes térmicos pueden definirse a escala de Edificio, Bloque o Habitación; siendo la escala más general la que se impone al resto. Es decir, los valores que se introduzcan en puentes térmicos de edificio, automáticamente aparecerán en Bloque y Habitación. Sin embargo, si se modifica un valor de una Habitación, éste no se cambiará en el resto.




En el caso de estudio, se han mantenido los valores que DesignBuilder ha calculado para cada tipo a excepción uno: Muro- Suelo (no sobre el terreno). En este caso DesignBuilder está interpretando el puente térmico según hemos dibujado en Revit, es decir, forjado hasta el exterior, que es la manera que DesignBuilder podía leer correctamente. Sin embargo, en la realidad el muro pasa por el exterior y el forjado queda retranqueado. Para corregir este defecto del modelado, se busca el detalle del encuentro en la Librería de C3X, y se sustituye el valor de DesignBuilder por el que C3X aporta. En este caso se ha reducido el puente térmico de 0.24 W/mK a 0.18 W/mK.

Como se ve en la imagen, no aparece ninguna opción de 'Pilar Integrado en Fachada' que es lo que sucede en la parte curva del Gran Hotel de Jaca. Los grandes pilares exteriores de piedra interrumpen la fachada por su función estructural, generando un gran puente térmico. Para introducir esta clase de puentes térmicos no contemplados, hay que recurrir a las Sub-Superficies.

**Las Sub-superficies**<sup>2</sup> se emplean para modelar partes de los cerramientos en las que cambia su composición física. Las Sub-Superficies se pueden emplear para modelar puentes térmicos. En este caso, se dibujarán las sub-superficies en las zonas donde se encuentran las columnas en las habitaciones

<sup>2</sup>Arturo Ordoñez García. «Manual de ayuda DesignBuilder en español Introducción». (2014), 81.

a analizar; después, se les asociará la piedra como material. Con este cambio de composición en la fachada, ya se estará registrando el puente térmico que se quería. Para dibujar las sub-superficies:

1. Seleccionar el muro en el que se va a dibujar.
2. Botón 'Dibujar sub-superficie'  > dibujar en el muro.
3. Medir en el modelo global qué longitud pertenece a cada muro, ya que lo más normal es que el pilar quede entre dos muros. Por tanto, a un muro le corresponderá una sub-superficie de 20cm y al otro una de 30, o 25cm y 25cm, etc.
4. Para atribuir el material > Seleccionar la sub-superficie > Cerramientos. Aparecerá como material 'Sub-Superficie de muro de proyecto'.
5. Cuadro de Cerramientos la derecha > duplicar sub-superficie  > editar sub-superficie .

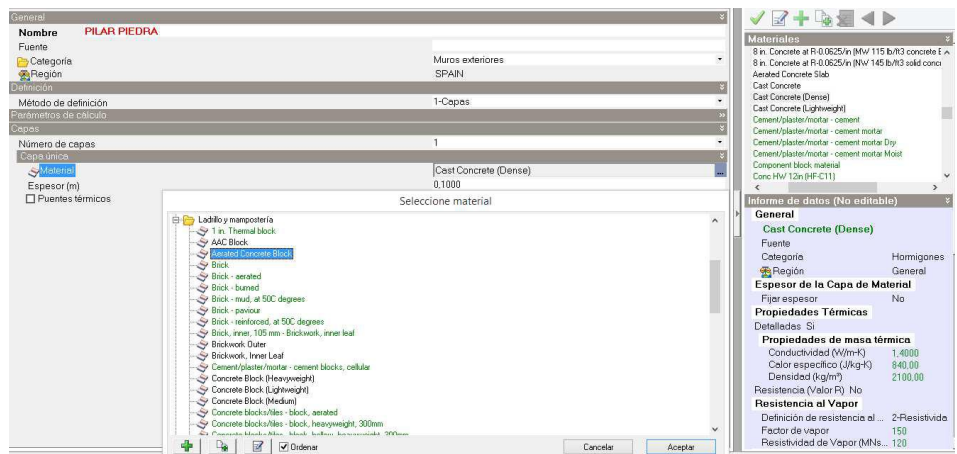



Figura 41. Ventana para crear una nueva sub-superficie y un nuevo material

6. Cambiar el nombre a Pilar de piedra > Cambiar el material de la capa a piedra. Como conocemos las propiedades de la piedra, creamos nuevo material.
7. Crear nuevo material  > Cambiar el nombre > Atribuir las propiedades térmicas de Revit, cambiando de unidad.

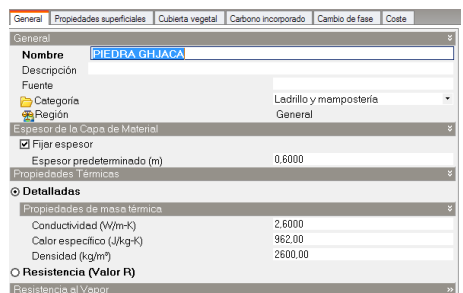
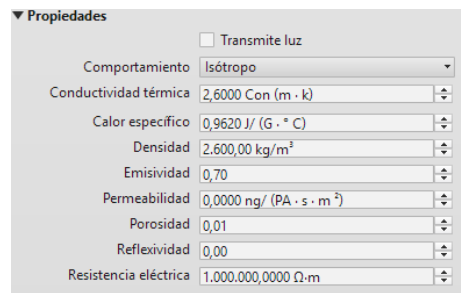


Figura 42. Propiedades térmicas de la piedra en Revit como base. (izqda)

Figura 43. Propiedades térmicas en Design Builder. (dcha)

8. Fijar el espesor de 0.6m para todos los pilares, ya que son todos iguales.
9. Seleccionar el material creado para la nueva sub-superficie, y aplicar esta nueva sub-superficie a la que se había seleccionado inicialmente.

### 3. Ubicación. Archivo climático.

Después de todos los pasos anteriores, el edificio ya tiene toda la definición necesaria para poder calcular; sin embargo, antes de analizar, se debe ubicar el edificio. Como el caso de estudio se encuentra en la ciudad de Jaca, Huesca, y ésta no aparece en las Plantillas de Sitio predeterminadas, se va a introducir un archivo climático externo con las zonas climáticas del CTE.

1. Página web<sup>3</sup> Aurea Consulting>Utilidades > Climas HE2013 en epw > Descargar.
2. Descomprimir el archivo.
3. Copiar los archivos de la carpeta y pegar en Disco C > Program Data > DesignBuilder > Weather Data. Hay veces que el archivo se daña y desaparecen los datos de algún archivo, por eso hay que comprobar que todos ellos mantengan peso.
4. En DesignBuilder>Sitio, en el árbol de la izquierda.
5. Pestaña 'Datos de Sitio'> Plantilla de Sitio > ...> CTE 2013 > seleccionar la Zona.

Para Jaca, de acuerdo con el CTE-DB-HE, hay que seleccionar Zona E1. Ya que dentro de la zona D2, en la que se encuentra Jaca en el mapa geográfico, hay variaciones según la altitud. Como Jaca se encuentra a 820m de altitud, pasa a ser Zona E1.

Zona CTE	< 200	200 a 400	400 a 600	600 a 800	800 a 1000	> 1000	Alt Ref.
Albacete	D3	D2	E1	E1	E1	E1	677
Alicante	B4	C3	C1	D1	D1	E1	7
Almería	A4	B3	B3	C1	C1	D1	0
Avila	E1	E1	E1	E1	E1	E1	1054
Badajoz	C4	C3	D1	D1	E1	E1	168
Barcelona	C2	C1	D1	D1	E1	E1	1
Bilbao	C1	D1	D1	E1	E1	E1	214
Burgos	E1	E1	E1	E1	E1	E1	861
Cádiz	A3	B3	B3	C1	C1	D1	0
Castellón	B3	C2	C1	D1	D1	E1	18
Ciudad Real	D3	D2	E1	E1	E1	E1	630
Córdoba	B4	C3	C2	D1	D1	E1	113
Cuenca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	975
Girona	C2	D1	D1	E1	E1	E1	
Granada	C3	D2	D1	E1	E1	E1	754
Guadalajara	D3	D1	E1	E1	E1	E1	708
Huelva	B4	B3	C1	C1	D1	D1	50
Huesca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	432

Figura 44. Tabla CTE-DB-HE Zonas Climáticas. (Ver completa Anexo A3.1)

<sup>3</sup> Sitio web. Distribuidor oficial de DesignBuilder en España. <https://ecoeficiente.es/climas-he2013-en-epw/>

## C.2 PARÁMETROS A ANALIZAR

Se pueden analizar diferentes escalas del modelo, los parámetros que se elijan en la escala más general, se aplicarán automáticamente en la escala inferior. Pero las modificaciones que se hagan en la escala más específica sólo se aplicarán a esa, al igual que con los puentes térmicos. Las escalas que hay, de más general a más detallada son: Edificio, Bloque, Habitación y Superficie. Por tanto, si, por ejemplo, se realiza un cambio en Habitación, éste se aplicará a Habitación y a Superficie.

Con el Análisis ocurre lo mismo, se puede analizar el edificio entero, un bloque, una habitación o una superficie. De modo que si se ha calculado el edificio, se podrá obtener la información de todos los grados inferiores, llegando a conocer los resultados de una superficie. Pero, si por el contrario, se calcula solo una superficie, no se podrá obtener la información general de la habitación o el edificio. Por eso, se recomienda calcular todo el edificio, y posteriormente centrarse en la superficie que interesa.

Los parámetros que se deben revisar, antes de calcular energéticamente, se encuentran en las pestañas superiores HVAC, Ocupación y sobre todo, Opciones de Resultados.

### 1. Opciones de resultados

Al abrir la pestaña ‘Opciones de Resultados’, aparecen tres tipos de Resultados para modificar: Resultados de Refrigeración, de Calefacción y de Simulación. Dado que no se está planteando el diseño de ninguna instalación en el modelo, no se va a calcular el Diseño de Refrigeración, ni el de Calefacción. Y por tanto, no habrá que modificar las opciones de resultados de ninguno de ellos, habrá que centrarse únicamente en Resultados de Simulación para obtener demandas y pérdidas energéticas. Marcando ‘Edificio’ en el árbol, en la pestaña ‘Opciones de Resultados’ y en el apartado ‘Resultados de Simulación’, aparecerán unas opciones como éstas.

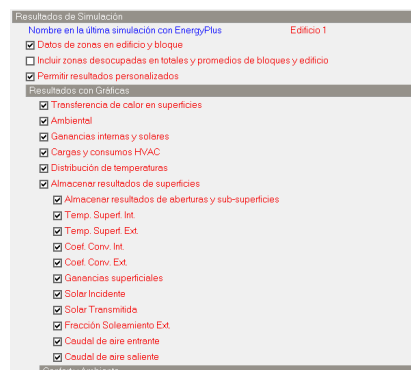
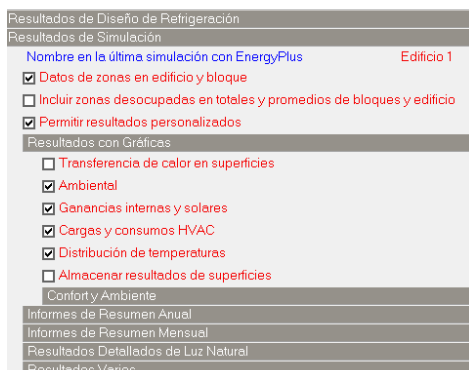


Figura 45. Resultados de Simulación sin guardar información de superficies.(izqda)

Figura 46. Resultado de Simulación con almacenamiento de información para superficies. (dcha)

Lo más importante es activar:

1. 'Transferencia de calor en superficies'.
2. 'Almacenar resultados de superficies'. Si esto no se activa, aunque se realice una simulación del Edificio completo, no se podrá llegar a obtener la información detallada de superficies, porque no queda guardada.

Una vez que quedan activadas, se abre una lista con más opciones. Lo recomendable es activar todas para el análisis, y después elegir qué se quiere mostrar en las gráficas de resultados y qué no. El resto de opciones, Confort, Luz Natural, etc. se van a dejar como vienen predeterminadas, ya que no se quiere encarecer más el tiempo de análisis. Si, por ejemplo, se desea hacer un análisis más detallado de Luz Natural y Sombras; en lugar de hacer un análisis de todo el edificio, sería más conveniente seleccionar la superficie a analizar y realizar la simulación. El tiempo para generar los resultados de simulación aumenta considerablemente cuando se añaden muchos parámetros específicos de soleamiento.

## 2. HVAC y Actividad

Otras dos pestañas a revisar, son: HVAC y Actividad.

En la pestaña 'HVAC', con 'Edificio' marcado en el árbol, se van a deseleccionar todas las instalaciones menos 'Refrigeración' y 'Calefacción', para poder conseguir su demanda en los resultados del análisis energético.

En la pestaña Actividad, sólo hay que cambiar la 'Densidad de ocupación' (personas/m<sup>2</sup>). Si no se conoce el número de personas, se puede obtener del CTE DB-SI. Por otro lado, DesignBuilder, según el uso del espacio lo atribuye automáticamente. En éste caso, como lo que se está analizando son las plantas de Habitaciones de un Hotel, se ha seleccionado 'Dormitorios', dentro del apartado de 'Hoteles'.

A continuación se ven las ventanas de HVAC y Actividad, con los cambios finales.



Figura 47. Opciones de HVAC a activar.  
 Figura 48. Opciones de Actividad a activar.



### 3. Simulación

Tras haber realizado la selección de todos los parámetros anteriores, se puede proceder al análisis energético. En las pestañas inferiores aparecen los diferentes análisis que se pueden realizar, el que se va a utilizar es ‘Simulación’.

Al abrir Simulación, aparece la ventana ‘Opciones de cálculo de datos’ con cuatro pestañas en la parte superior, que se irán comentando.

La primera, General, sirve para marcar el ‘Periodo de Simulación’. Se puede elegir todo el año, semanas puntuales que hayan sido las más desfavorables, una estación, etc. Los ‘Intervalos de resultados’ van desde Subhorario hasta Anual, de igual manera que con el grado de análisis del árbol, si se selecciona Subhorario, se podrá obtener la información anual; mientras que, si se selecciona anual, no se podrá obtener la información de Subhorario. De ésta selección, y del tipo de ordenador, dependerá el tiempo de cálculo del análisis, si se observa que el ordenador no puede con tanta definición, se recomienda calcular solamente las semanas más desfavorables.

Por lo general, se recomienda analizar, ‘Periodo’ de todo el año en ‘Intervalo’ mensual/anual.

La segunda pestaña, Opciones, es recomendable dejarla según viene establecida para no aumentar el tiempo de cálculo. La tercera pestaña, Resultados, hay que comprobar que las opciones que se habían seleccionado antes en ‘Opciones de Resultados’ se hayan transferido aquí correctamente. Y por último en Administrador de Simulaciones sólo hay que comprobar que está desactivado.

Ya, con el edificio modelado, el archivo climático introducido, los parámetros seleccionados, las 4 pestañas comprobadas, y definido el intervalo de análisis, se puede proceder a la simulación.

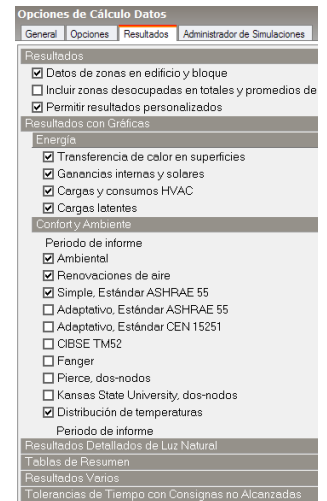


Figura 49. Opciones de cálculo. Pestaña de Resultados.

### C.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Los resultados que se van a mostrar corresponden a la Habitación 2, que es la que se pretendía analizar. Aunque se haya calculado todo el edificio, de lo general se puede ir a lo particular, por lo que se puede obtener sólo el resultado de una Habitación. Ésto es lo más apropiado porque todas las habitaciones se van a comportar muy similar ya que tienen casi la misma orientación, en este caso.

Los datos que se quieran visualizar, se pueden regular con el cuadro 'Opciones de visualización' de la izquierda. En este caso, los datos que nos interesan para entender cómo funciona esa Habitación son los referentes a las Demandas y a las Ganancias Térmicas. En primer lugar veremos las demandas de refrigeración y calefacción anual y mensualmente.

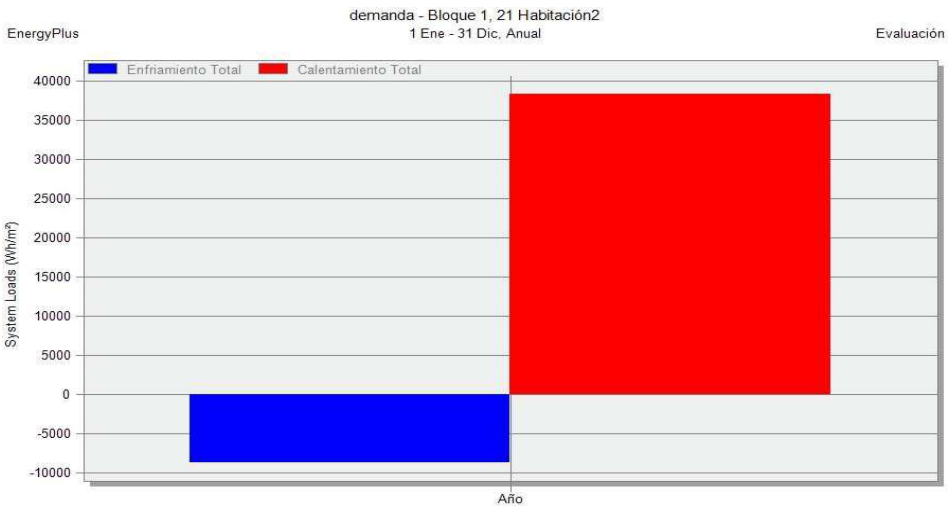


Figura 50. Gráfica demanda anual

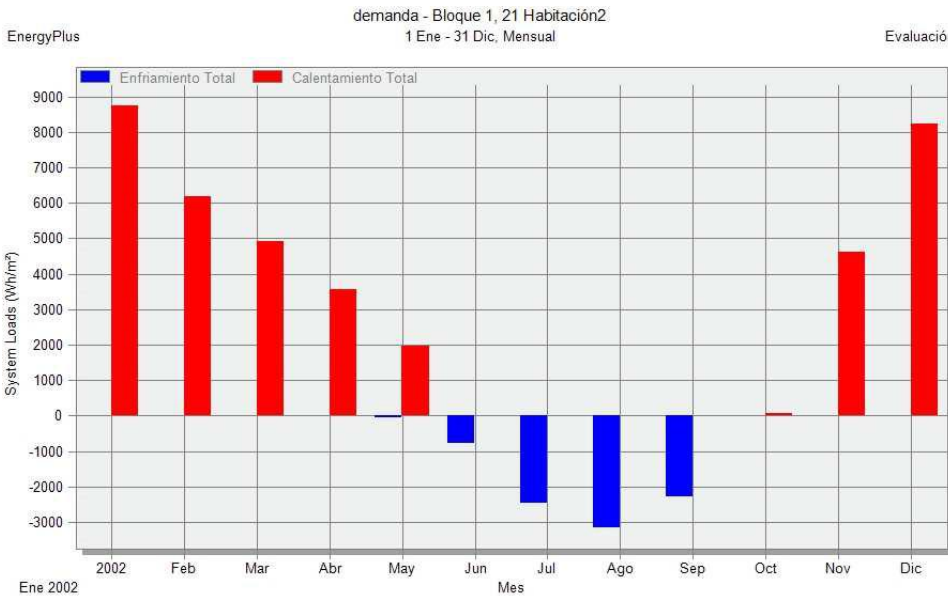


Figura 51. Gráfica demanda mensual.

Lo importante en estas gráficas es analizar su comportamiento y sus valores. Empezando por la gráfica mensual, se ve que sigue un comportamiento lógico, ya que en los meses de invierno la demanda de calefacción es muy

elevada, y en los meses de verano sólo aparece demanda de refrigeración, que además no es muy elevada, dado el clima de Jaca. Del mismo modo, en la gráfica anual se ve que la demanda de calefacción es muy superior a la refrigeración.

En Jaca las temperaturas son bastante bajas en invierno y bastante moderadas en verano, es decir, es un clima extremo solamente en invierno. Ésto es lo que hace que la demanda de calefacción sea muy elevada y que la de refrigeración sea tres veces menor, ya que la refrigeración se necesita muy puntualmente, y la calefacción en invierno es indispensable. Además, los altos valores obtenidos son consecuencia del sistema constructivo de los años 50, en los que en vez de aislante se utilizaba una cámara de aire, y a veces, ni siquiera se dejaba esa cámara; y en los vidrios orientados a sur, se utilizaba vidrio simple. Por tanto, un clima frío con una construcción antigua, dan gráficas de comportamiento normal, pero de valores bastante elevados.

Pasamos a analizar cómo están trabajando energéticamente los elementos constructivos. En el cálculo de las **demandas de calefacción y refrigeración, se tienen en cuenta las cargas térmicas sensibles y latentes**. Las cargas sensibles abarcan las pérdidas o ganancias de calor por transmisión a través de **cerramientos, verticales y horizontales, radiación solar, infiltraciones de aire exterior y aportaciones internas**. Centraré el análisis térmico en la transmisión de calor en cerramientos, y radiación, en concreto en los acristalamientos. Vemos a continuación un desglose de de los elementos que intervienen en esta operación y el porcentaje de pérdida, respecto al total, que generan.

<b>CARGA SENSIBLE CALEFACCIÓN</b>	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	<b>PÉRDIDAS</b>
Acristalamiento	-49584,57	<b>-49,58</b>	<b>37%</b>
Muros	-47190,66	<b>-47,19</b>	<b>35%</b>
Particiones	-10612,07	<b>-10,61</b>	<b>8%</b>
Infiltración Ext.	-26488,57	<b>-26,49</b>	<b>20%</b>
<b>TOTAL PÉRDIDAS ENERGÉTICAS</b>		<b>-133,88</b>	<b>100%</b>

<b>CARGA SENSIBLE REFRIGERACIÓN</b>	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	<b>GANANCIAS</b>
Techos	5,67	<b>0,00567</b>	<b>0,008%</b>
Suelos Int.	2,7	<b>0,0027</b>	<b>0,004%</b>
Ganancias solares ventanas exteriores	68490	<b>68,49</b>	<b>99,988%</b>
<b>TOTAL GANANCIAS ENERGÉTICAS</b>		<b>68,49837</b>	<b>100%</b>

CARGA SENSIBLE TOTAL	-65,3775	kwh/m <sup>2</sup> año
CARGA LATENTE TOTAL	0,775	kwh/m <sup>2</sup> año
<b>CARGA TOTAL</b>	<b>-64,6025</b>	<b>kwh/m<sup>2</sup> año</b>

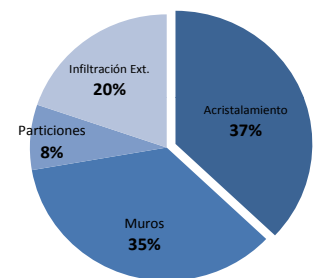


Figura 52. Gráfica resumen pérdidas energéticas.

Tras el análisis, vemos que el elemento que más pérdidas está generando es el acristalamiento de la Habitación (37%). El objetivo en las propuestas de mejora será reducir el 37% de pérdidas por acristalamiento al mínimo que sea posible, de modo que se reducirá en torno a un 30% el total de las pérdidas. En éste trabajo sólo se va a interactuar con los vidrios para obtener

Figura 53. Gráfica resumen pérdidas energéticas.

mejoras, pero si no fuera así, el segundo elemento que se debería de mejorar serían los muros, ya que aporta un 35% de las pérdidas. Entre muro y acristalamiento se pierde casi un 75% de la energía.

# D. PROPUESTAS DE MEJORA ENVOLVENTE TRANSPARENTE

HIPÓTESIS DE CAMBIOS

COMPARACIÓN DE HIPÓTESIS

Para mejorar la Situación Inicial del Gran Hotel de Jaca se van a plantear 4 Hipótesis y se van a analizar. En las tres primeras, dejando un mismo vidrio mejorado respecto al inicial, se va a ir cambiando el marco a PVC, aluminio y madera mejorada. En la última hipótesis, se cogerá el marco que mejor haya trabajado anteriormente y se cambiará a un vidrio triple, en vez de doble. Y analizaremos los resultados finales.

## 05.D PROPUESTAS DE MEJORA

## HIPÓTESIS DE CAMBIOS EN LA ENVOLVENTE TRANSPARENTE

Para mejorar la Situación Inicial del Gran Hotel de Jaca se van a plantear 4 Hipótesis y se van a analizar. En las tres primeras, dejando un mismo vidrio mejorado respecto al inicial, se va a ir cambiando el marco a PVC, aluminio y madera mejorada. En la última hipótesis, se cogerá el marco que mejor haya trabajado anteriormente y se cambiará a un vidrio triple, en vez de doble. Y analizaremos los resultados finales.

	MARCO	U (W/m <sup>2</sup> K)	VIDRIO	U (W/m <sup>2</sup> K)	g	Descripción del vidrio
HIPÓTESIS 1	Aluminio RPT>12	3,1	Doble	1,3	0,43	6 16(aire) 4 : CLIMALIT PLUS + PLANITHERM 42 (catálogo)
HIPÓTESIS 2	PVC 3 cámaras	1,3	Doble	1,3	0,43	
HIPÓTESIS 3	Madera pino		Doble	1,3	0,43	
HIPÓTESIS 4	PVC 3 cámaras	1,3	Tripe	0,9	0,35	6 12(aire) 4 12(aire) 4 : COOL LITE SKN + PLANITHERM (a medida-callum)

Figura 54. Tabla resumen hipótesis planteadas. (Ver ampliada Anexo A3.2)

La UE marca el reto para 2020, dentro de su Política Energética, de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 300 MT/año, para los 25 países miembros; donde el uso adecuado de vidrio de control solar representará entre un 5% y un 25% de los objetivos de eficiencia energética en los edificios fijados por los responsables políticos europeos para 2020. Para el caso concreto de España, donde los aportes energéticos del sol hacen necesaria la instalación de aire acondicionado en hogares y edificios no residenciales, la contribución a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, podría llegar a estar entre 3 y 11 Mt/año, si se utilizaran vidrios de control solar en los edificios actuales<sup>1</sup>. Por todo esto, los vidrios escogidos tendrán control solar y aislamiento térmico resistente.

Para los vidrios, se ha trabajado con la marca Saint Gobain<sup>2</sup> porque Design-Builder en su librería de materiales los incluye, por lo que no hay que introducir las propiedades térmicas del vidrio manualmente, si no simplemente seleccionarlo. Esta marca ofrece dos maneras de elegir los vidrios, la primera es a través de su página web con el catálogo que ofrecen, y del que sacaremos el vidrio doble; y la segunda es a través de su aplicación Calumen II, en la que se puede hacer la combinación que se quiera, y que utilizaremos para los vidrios triples. (Ver desglose de vidrios en el Anexo A3.2 Catálogo de propuestas.)

<sup>1</sup> Sitio web Saint Gobain. <http://es.saint-gobain-glass.com>.

<sup>2</sup> Ibidem.

## HIPÓTESIS1. MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO DOBLE.

El vidrio doble, como ya se ha dicho, se utilizará en las tres primeras hipótesis para comprobar cuál es el cambio respecto del vidrio simple que tenía el Hotel originalmente y cuál es la carpintería más eficiente. Para éste caso, el sistema escogido es CLIMALIT PLUS con dos hojas de PANITHERM 4S (6/16/4). Con éste vidrio, podrá mejorar hasta en un 40% el poder del aislamiento de un doble acristalamiento básico (4/6/4)<sup>3</sup>, pudiendo reducir los gastos de calefacción en invierno y en verano, ya que el término 4S significa que tiene incluido un alto control solar que mantiene la temperatura agradable en el interior todo el año.

Por otro lado, se ha escogido un marco de aluminio con rotura de puente térmico, por ser los marcos más habituales en el mercado y comprobar su aportación al ahorro energético. (Ver detalle del marco en el Anexo A3.2 Catálogo de propuestas). Vemos, por tanto, los resultados de la simulación con esta primera combinación de marco - vidrio.

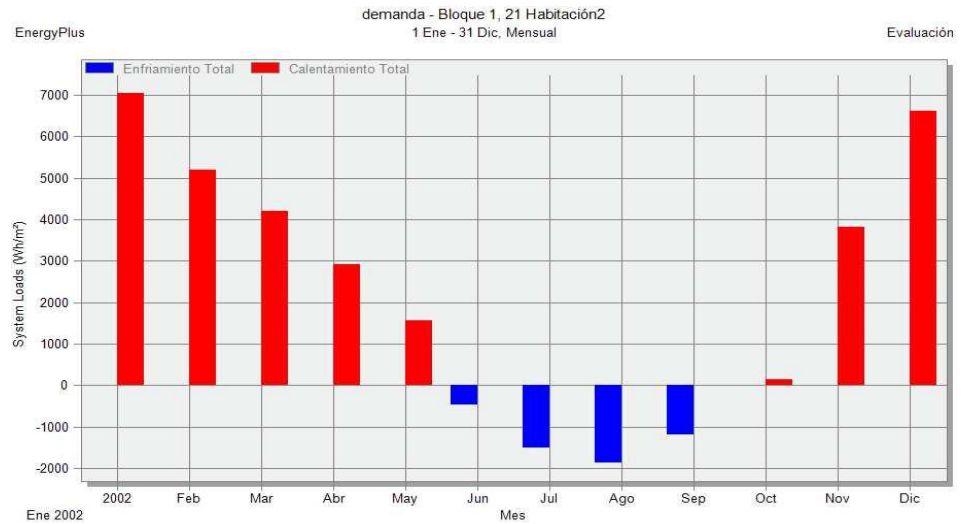


Figura 55. Hipótesis1. Demandas mensuales.

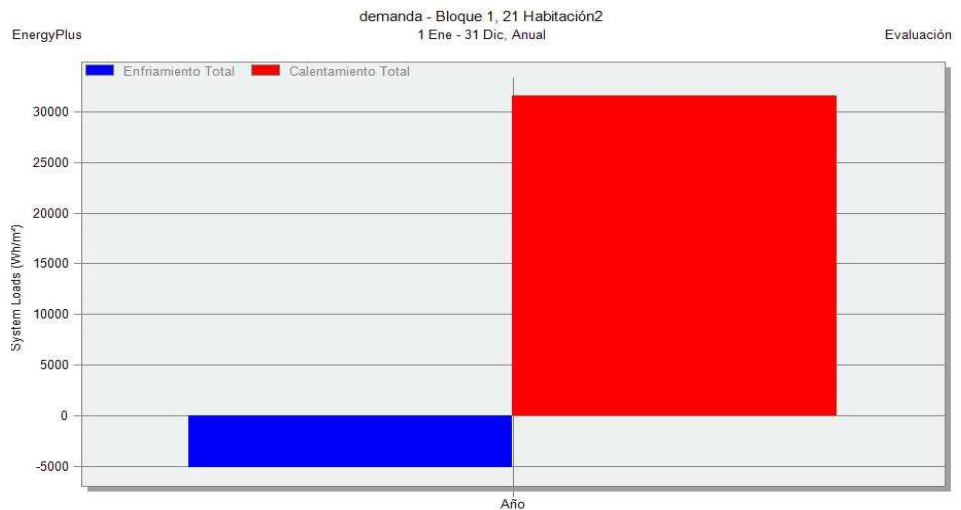
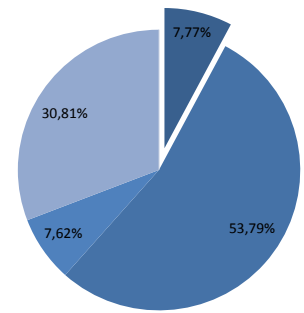


Figura 56. Hipótesis1. Demandas anuales.

<sup>3</sup> Ibídem.



Anualmente, la demanda de calefacción ha pasado de casi 40 KWh/m<sup>2</sup> año a 30 KWh/m<sup>2</sup> año aproximadamente, es decir se ha reducido un cuarto de la demanda de calefacción sólo cambiando el vidrio y el marco. En la demanda de refrigeración anual se ha bajado de los 10 KWh/m<sup>2</sup> año a los 5 KWh/m<sup>2</sup> año, es decir, se ha reducido a la mitad la demanda de refrigeración. En la gráfica mensual se ve que se ha reducido la demanda de refrigeración que había antes en Mayo. Pasamos ahora a ver el comportamiento de los elementos constructivos en las ganancias.



**PÉRDIDAS HIPÓTESIS 1**

- Acristalamiento
- Muros
- Particiones
- Infiltración Ext.
- Suelos int.

Figura 57. Hipótesis1. Gráfica de pérdidas

CARGA SENSIBLE CALEFACCIÓN	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	PÉRDIDAS
Acristalamiento	-6.480,83	-6,48	7,77%
Muros	-44.839,00	-44,84	53,79%
Particiones	-6.350,07	-6,35	7,62%
Infiltración Ext.	-25.684,12	-25,68	30,81%
Suelos int.	-1,93	0,00	0,00%
<b>TOTAL PÉRDIDAS ENERGÉTICAS</b>		<b>-83,36</b>	<b>100%</b>

CARGA SENSIBLE REFRIGERACIÓN	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	GANANCIAS
Techos	3,71	0,00	0,018%
Ganancias solares ventanas exteriores	21.040,00	21,04	99,982%
<b>TOTAL GANANCIAS ENERGÉTICAS</b>		<b>21,04</b>	<b>100%</b>

CARGA SENSIBLE TOTAL	-62,31	kwh/m <sup>2</sup> año
CARGA LATENTE TOTAL	0,77	kwh/m <sup>2</sup> año
<b>CARGA TOTAL</b>	<b>-61,54</b>	<b>kwh/m<sup>2</sup> año</b>

Figura 58. Hipótesis1. Tabla de carga sensible.

Los acristalamientos han reducido en un 30% su porcentaje de pérdidas, pues en la simulación inicial tenían una responsabilidad del 37% de las pérdidas, y con la hipótesis 1 han pasado a tener en torno a un 8% de importancia. Es un cambio más que importante teniendo en cuenta que sólo se han cambiado las ventanas, y con una solución bastante habitual como es el vidrio doble y el aluminio. Veamos qué pasa si utilizamos marcos del PVC.

## HIPÓTESIS2. MARCO DE PVC + VIDRIO DOBLE.

En esta hipótesis se mantiene el vidrio doble de la hipótesis anterior y se cambia el marco de aluminio a marco de PVC, que por su naturaleza plástica es el marco más resistente térmicamente. Según el Catálogo de los elementos constructivos la madera es la que más transmitancia tiene y el PVC es el que menos, en torno a  $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , aunque luego en los fabricante específicos encontramos valores muy diversos. En este caso, por ejemplo, la carpintería elegida tiene una transmitancia de  $1.3\text{W/m}^2\text{K}$ .

Vamos a ver los resultados con ésta segunda combinación marco - vidrio.

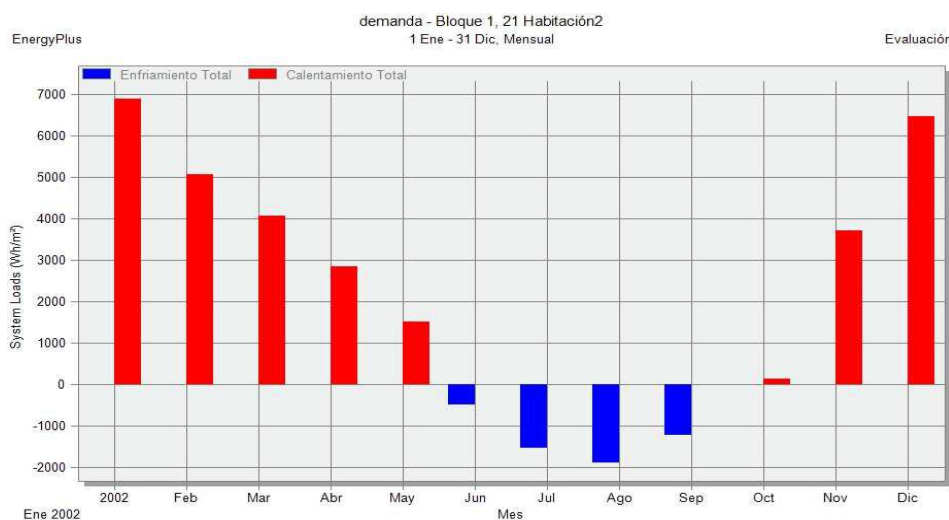


Figura 59. Hipótesis2. Demandas mensuales.

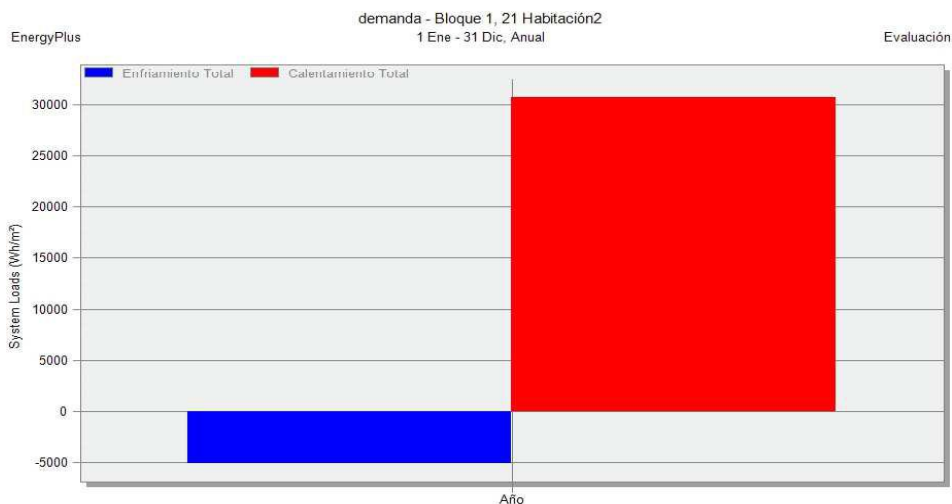


Figura 60. Hipótesis2. Demandas anuales.

Anualmente, la demanda de calefacción ha bajado respecto a la Hipótesis1, que rondaba los  $31 \text{ KWh/m}^2\text{año}$ , un solo  $\text{KWh/m}^2\text{año}$ ; y en la demanda de refrigeración se ha mantenido el valor de  $5 \text{ KWh/m}^2\text{año}$ . Por tanto, a la espera de ver el resultado específico de acristalamiento, la diferencia que existe

entre la carpintería de aluminio que hemos escogido y la de PVC es muy poca. Pasamos a ver el comportamiento energético de los elementos constructivos.

CARGA SENSIBLE CALEFACCIÓN	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	PÉRDIDAS
Acrisolamiento	-5.389,50	-5,39	6,47%
Muros	-44.888,25	-44,89	53,85%
Particiones	-6.427,34	-6,43	7,71%
Infiltración Ext.	-25.741,76	-25,74	30,88%
Suelos int.	-1,93	0,00	0,00%
<b>TOTAL PÉRDIDAS ENERGÉTICAS</b>		<b>-82,45</b>	<b>100%</b>

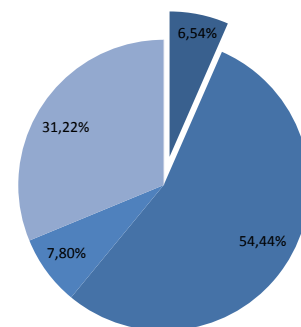
  

CARGA SENSIBLE REFRIGERACIÓN	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	GANANCIAS
Techos	3,71	0,00	0,018%
Ganancias solares ventanas exteriores	21.040,00	21,04	99,982%
<b>TOTAL GANANCIAS ENERGÉTICAS</b>		<b>21,04</b>	<b>100%</b>

CARGA SENSIBLE TOTAL	-61,41	kwh/m <sup>2</sup> año
CARGA LATENTE TOTAL	0,78	kwh/m <sup>2</sup> año
<b>CARGA TOTAL</b>	<b>-60,63</b>	<b>kwh/m<sup>2</sup> año</b>

Figura 61. Hipótesis 2. Tabla de carga sensible.



**PÉRDIDAS HIPÓTESIS 2**

- Acrisolamiento
- Muros
- Particiones
- Infiltración Ext.
- Suelos int.

Figura 62. Hipótesis2. Gráfica de pérdidas

Estudiando los cerramientos, la impresión sobre la carpintería de PVC cambia. Si comparamos con la carpintería de aluminio anterior, se está disminuyendo en torno a 1 KWh/m<sup>2</sup>año las pérdidas de carga sólo por cambiar el marco. Del mismo modo, el porcentaje de responsabilidad que tiene el acristalamiento en las pérdidas ha bajado de 7.7% a 6.54%, algo más de un punto, lo cual está muy bien. De momento, la mejor carpintería es la que hemos utilizado de PVC.

### HIPÓTESIS3. MARCO DE MADERA + VIDRIO DOBLE.

En esta tercera hipótesis, dado que ya se ha comprobado que la carpintería de PVC es la que mejor funcionaba, se quería comprobar cuál sería la mejora con la carpintería de madera, que es como está actualmente, pero con los nuevos vidrios. Así que vamos a ver cuáles son los resultados de ésta combinación de madera nueva con doble vidrio.

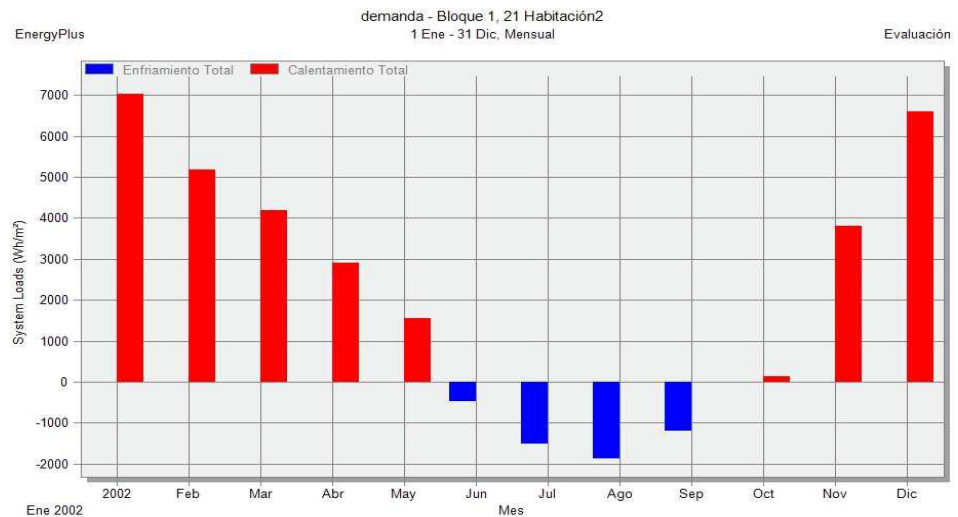


Figura 63. Hipótesis3. Demandas mensuales.

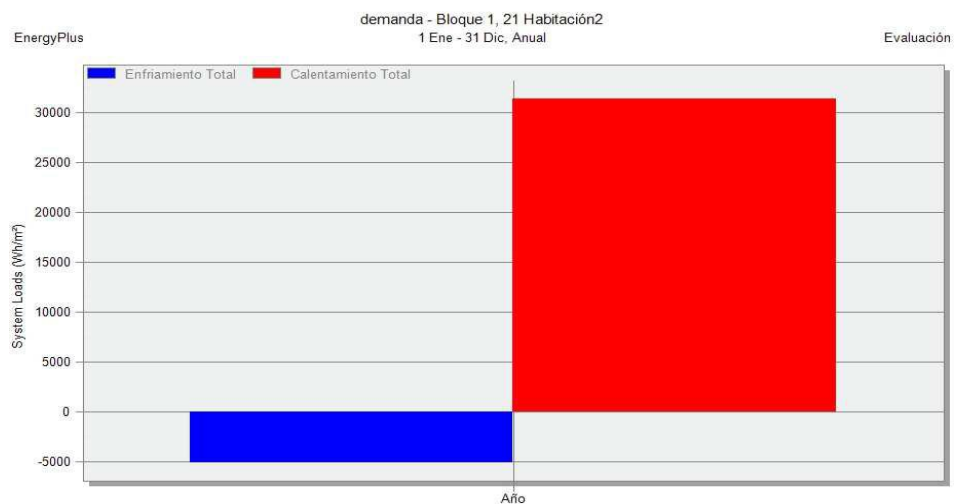


Figura 64. Hipótesis3. Demandas anuales.

La demanda anual, tanto de calefacción como de refrigeración, se ha mantenido respecto a la Hipótesis 1, con marco de aluminio. Sin embargo, mensualmente, en algunos meses funciona mejor la carpintería de madera que la de aluminio. Como vemos, el marco afecta muy poco a la demanda, lo que de verdad ha afectado ha sido el cambio a un vidrio mucho mejor. Vamos a ver cuáles son las ganancias por elementos constructivos.

CARGA SENSIBLE CALEFACCIÓN	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	PÉRDIDAS
<b>Acrisolamiento</b>	-6.318,21	-6,32	<b>7,59%</b>
<b>Muros</b>	-44.840,94	-44,84	<b>53,89%</b>
<b>Particiones</b>	-6.351,16	-6,35	<b>7,63%</b>
<b>Infiltración Ext.</b>	-25.690,97	-25,69	<b>30,88%</b>
<b>Suelos int.</b>	-1,93	0,00	<b>0,00%</b>
<b>TOTAL PÉRDIDAS ENERGÉTICAS</b>		<b>-83,20</b>	<b>100%</b>

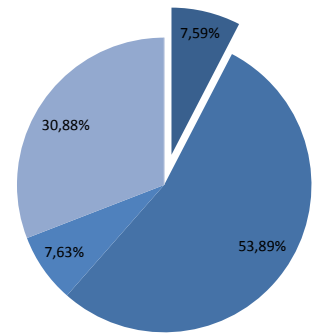
  

CARGA SENSIBLE REFRIGERACIÓN	Wh/m <sup>2</sup> año	kwh/m <sup>2</sup> año	GANANCIAS
<b>Techos</b>	3,71	0,00	<b>0,018%</b>
<b>Ganancias solares ventanas exteriores</b>	21.040,00	21,04	<b>99,982%</b>
<b>TOTAL GANANCIAS ENERGÉTICAS</b>		<b>21,04</b>	<b>100%</b>

CARGA SENSIBLE TOTAL	-62,16	kwh/m <sup>2</sup> año
CARGA LATENTE TOTAL	0,77	kwh/m <sup>2</sup> año
<b>CARGA TOTAL</b>	<b>-61,39</b>	<b>kwh/m<sup>2</sup> año</b>

Figura 65. Hipótesis 3. Tabla de carga sensible.



**PÉRDIDAS HIPÓTESIS 3**

- Acrisolamiento
- Muros
- Particiones
- Infiltración Ext.
- Suelos int.

Figura 66. Hipótesis3. Gráfica de pérdidas

En la gráfica de porcentajes es donde mejor se ve el papel del marco respecto al inicial, 37%, y respecto a las dos hipótesis anteriores, 7.7% y 6.5%. En este caso es un 7.6%, como hemos visto en la demanda, es un valor casi idéntico al de la primera hipótesis, lo que reafirma el pensamiento de que el cambio más significativo viene marcado por el vidrio escogido. En la próxima hipótesis se va a comprobar la importancia del vidrio, cambiándolo de doble a triple acristalamiento.

## HIPÓTESIS4. MARCO DE PVC + VIDRIO TRIPLE.

Por último, en esta cuarta hipótesis se va a coger el marco de PVC por ser el más eficiente de los tres que hemos analizado en las otras hipótesis, y se va a cambiar de doble vidrio a triple vidrio. Como se ha comentado al comienzo del apartado, la manera que Saint Gobain tiene para que los clientes elijan sus combinaciones de vidrio es a través de catálogo, o a través de su aplicación Callumen II. Por lo que se ha estado observando, con esta aplicación se pueden hacer muchas combinaciones según los intereses particulares, y por eso se va a utilizar este método para definir la combinación de triple vidrio.

Al igual que con el vidrio anterior, se buscan acristalamientos con control solar y aislamiento térmico reforzado, ya que van a ser dos condiciones indispensables en pocos años para reducir la demanda de los edificios. En este caso, se va a utilizar una composición (6 / 12/ 4 / 12/ 4), y la hoja exterior va a ser un vidrio de la gama COOL-LITE que incorpora una capa de óxidos metálicos que le confiere altas prestaciones de control solar. Éste, es un acristalamiento idóneo para fachadas con un elevado porcentaje de superficie acristalada en edificación no residencial, además cuenta con diferentes familias, la que se ha elegido aquí es la SKN, vidrios neutros que aúnan propiedades de aislamiento térmico reforzado y control solar. Por otro lado, las otras dos hojas tienen el mismo cristal PLANITHERM XN de 4mm. A continuación vemos como queda la composición que Callumen II proporciona.

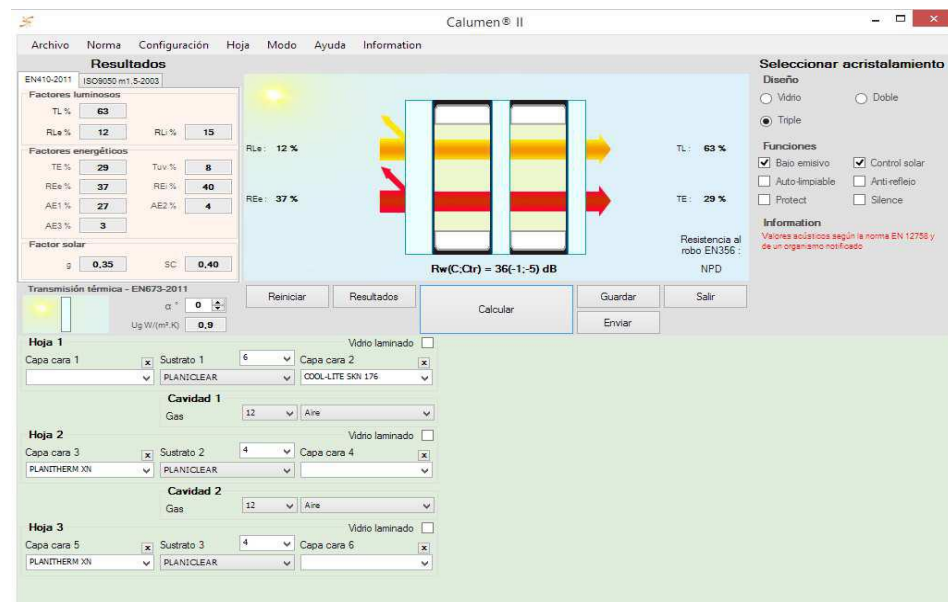


Figura 67. Aplicación Calumen II.

Pasamos a analizar las demandas de refrigeración y calefacción con esta nueva combinación marco - vidrio.

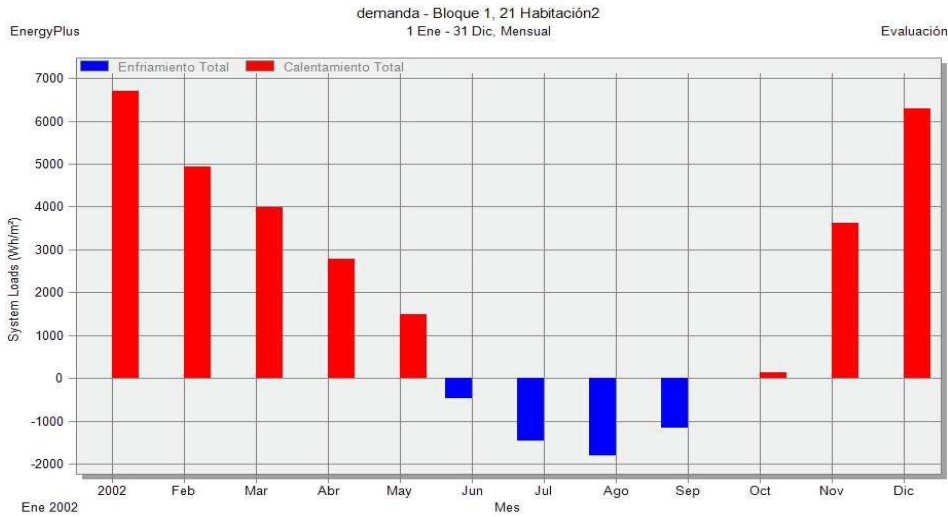


Figura 68. Hipótesis4. Demandas mensuales.

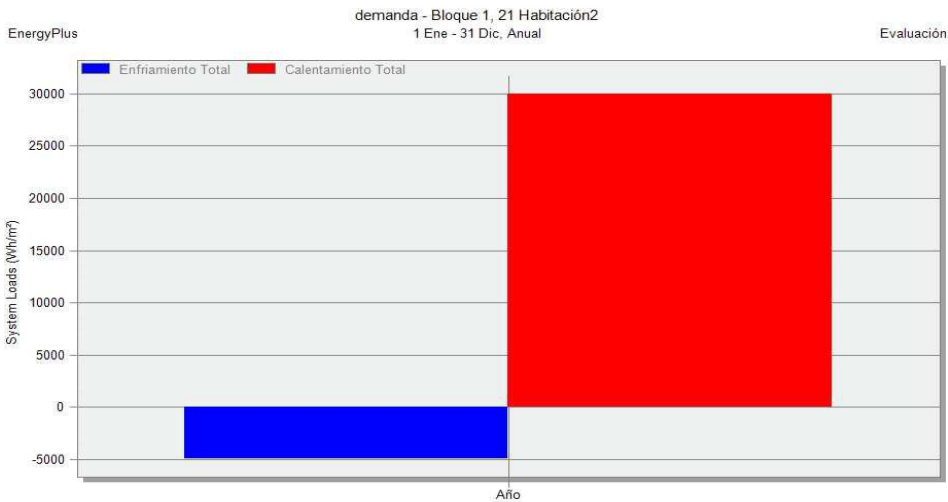
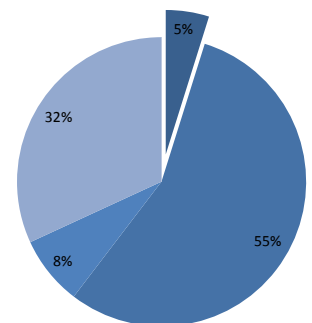


Figura 69. Hipótesis4. Demandas anuales.

Anualmente, la demanda de calefacción ha disminuido de la inicial, que eran 38,4 KWh/m²año, a 29,95 KWh/m²año, es decir casi 10 KWh/m²año menos. Sin embargo, si lo comparamos con la hipótesis 2, que tenía el marco de PVC y era la más eficiente de las tres, solamente ha bajado 1KWh/m². En refrigeración es similar, respecto a la demanda inicial que eran -8,69KWh/m²año, se ha disminuido casi a la mitad con -4,89 KWh/m²año. Pero si comparamos con la hipótesis 3, la reducción es de menos de 1 KWh/m²año.

Vamos a analizar los cerramientos para ver las pérdidas y ganancias térmicas desglosadas.

CARGA SENSIBLE CALEFACCIÓN	Wh/m² año	kwh/m² año	PÉRDIDAS
<b>Acristalamiento</b>	-3.892,95	-3,89	<b>4,83%</b>
<b>Muros</b>	-44.785,57	-44,79	<b>55,55%</b>
<b>Particiones</b>	-6.261,03	-6,26	<b>7,77%</b>
<b>Infiltración Ext.</b>	-25.675,14	-25,68	<b>31,85%</b>
<b>Suelos int.</b>	-2,26	0,00	<b>0,00%</b>
<b>TOTAL PÉRDIDAS ENERGÉTICAS</b>		<b>-80,62</b>	<b>100%</b>



**PÉRDIDAS HIPÓTESIS 4**

- Acristalamiento
- Muros
- Particiones
- Infiltración Ext.
- Suelos int.

Figura 70. Hipótesis 4. Gráfica de pérdidas

Figura 71. Hipótesis 4. Tabla de carga sensible.

<b>CARGA SENSIBLE REFRIGERACIÓN</b>	<b>Wh/m<sup>2</sup> año</b>	<b>kwh/m<sup>2</sup> año</b>	<b>GANANCIAS</b>
<b>Techos</b>	3,54	0,00	0,018%
<b>Ganancias solares ventanas exteriores</b>	19.798,00	19,80	99,982%
<b>TOTAL GANANCIAS ENERGÉTICAS</b>		<b>19,80</b>	<b>100%</b>

<b>CARGA SENSIBLE TOTAL</b>	-60,82	kwh/m <sup>2</sup> año
<b>CARGA LATENTE TOTAL</b>	0,77	kwh/m <sup>2</sup> año
<b>CARGA TOTAL</b>	<b>-60,04</b>	<b>kwh/m<sup>2</sup> año</b>

Figura 72. Hipótesis 4. Tabla de carga sensible.

Como en las hipótesis anteriores, cuando analizamos el papel del vidrio en el global de pérdidas es cuando mejor se ve la mejora. Al comienzo partíamos de una situación del 37% de pérdidas a causa del acristalamiento, con la Hipótesis 2 se vio reducido a 6.5%, y finalmente con éste hipótesis se consigue un valor de pérdidas de menos del 5%, es decir, se han disminuido un 32% las pérdidas desde el inicio gracias al cambio de ventanas.



## COMPARACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Aunque conforme se explicaban las diferentes hipótesis se han ido comparando entre sí, se va a mostrar gráficamente la comparación entre las cuatro hipótesis y la situación inicial para poder observar mejor los cambios de comportamiento.

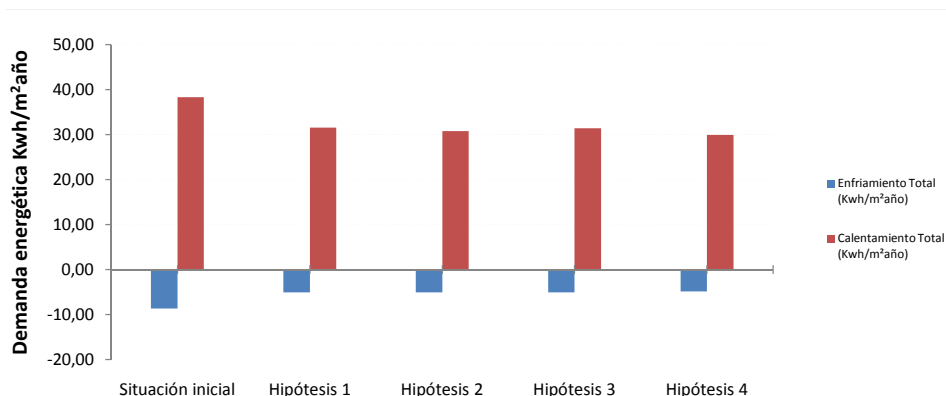


Figura 73. Comparación demandas anuales.

Las demandas anuales, siguen una tendencia descendiente de acuerdo con las hipótesis, a excepción de la tercera. De este modo, en calefacción se empieza en torno a 40, en las hipótesis intermedias queda en torno a 30 y finalmente en la última hipótesis se puede apreciar que baja de los 30 KWh/m²/año. Sin embargo en refrigeración se aprecia el gran cambio de la situación inicial a la primera hipótesis, pero todas las demás, incluyendo la última, están prácticamente estáticas. Si analizamos esto mes a mes, se aprecia más detalladamente que primer gran cambio, y posteriormente la diferencia es de 1 o 2 KWh/m², por lo general. (Ver tabla ampliada en Anexo A3.1)

		Wh/m2mes											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Inicial	Enfriamiento Total					-35,94	-769,9	-2458,95	-3145,32	-2275,64			
	Calentamiento Total	8741,66	6195,46	4909,46	3563,59	1960,8	13,78				65,43	4630,94	8245,48
HIP 1	Enfriamiento Total						-474,69	-1515,63	-1862,58	-1200,04			
	Calentamiento Total	7043,12	5200,54	4194,65	2926,67	1566,11	7,58				147,78	3827,02	6614,48
HIP 2	Enfriamiento Total						-482,7	-1530,82	-1881,49	-1209,59			
	Calentamiento Total	6892,49	5077,83	4081,46	2842,15	1514,88	4,29				128,9	3725	6474,61
HIP 3	Enfriamiento Total						-474,63	-1514,5	-1862,03	-1199,88			
	Calentamiento Total	7023,11	5184,19	4179,63	2915,9	1559,81	7,12				145,27	3813,62	6596,19
HIP 4	Enfriamiento Total						-464,37	-1462,99	-1800,63	-1162,29			
	Calentamiento Total	6696,74	4945,72	3988,82	2775,71	1489,32	5,42				133,21	3626,3	6289,5

Figura 74. Comparación demandas mensuales.

Dado que lo que siempre ha marcado las hipótesis ha sido el valor del cerramiento 'Acristalamiento', se ha hecho una gráfica comparativa de cada una de las propuestas en la que se ve como se empieza con valores de 49 KWh/m²/año, y se termina con un valor aproximado de 4 KWh/m².

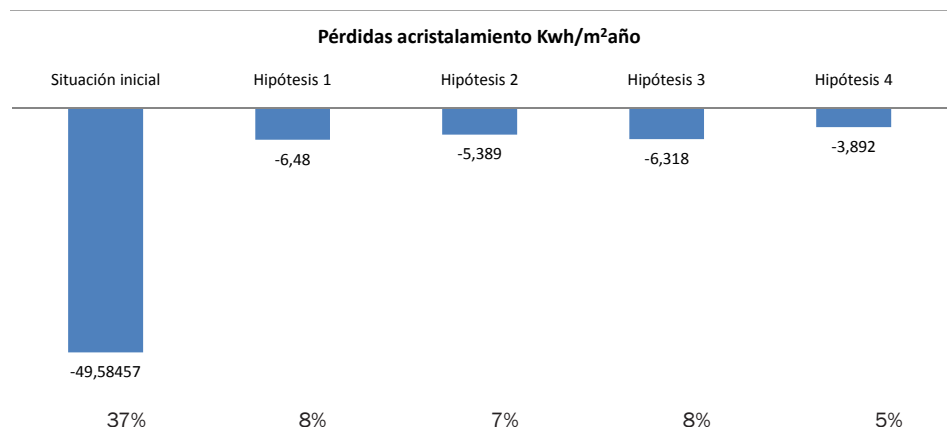


Figura 75. Comparación de las pérdidas por acristalamiento.

Como se ve, se han reducido las pérdidas un 32% respecto de la situación inicial con la Hipótesis 4: PVC + triple vidrio. Ese porcentaje equivaldría a una reducción de unos 46 KWh/m² en pérdidas.

En conclusión, las pérdidas de carga por el acristalamiento se ha reducido todo lo que se podían reducir (37 - 5%), una reducción en pérdidas del 32% considerando solo los vidrios es un resultado bastante gratificante, si se trabajase a nivel global se podría reducir más, pero aún así se reducido considerablemente la demanda anual. Sin embargo, para que el ahorro energético fuera el máximo posible, habría que tratar también los muros y las infiltraciones, que representaban un 35 y 20%, respectivamente, de las pérdidas iniciales.

# CONCLUSIÓN

06

# 06 CONCLUSIÓN

El objetivo principal del trabajo era encontrar un procedimiento que permitiera realizar el paso de Revit a DesignBuilder de la forma más fidedigna; y esto, ha sido conseguido, aunque con algunos condicionantes. Por ejemplo, para que el paso sea correcto, el modelo en Revit tiene que ser muy sencillo, y en el caso de que el edificio sea complejo, hay que simplificarlo a las líneas más importantes. Por otro lado, hay que ser consciente de que algunos elementos más complejos, como las pilastras de piedra en el caso de estudio, puede que no sean exportables y que se tengan que dibujar directamente en DesignBuilder.

Cabe preguntarse si, siendo necesario redibujar simplificando el edificio en Revit, sin que esto asegure la exportación de todos los elementos, merece o no la pena realizar esta exportación o es mejor dibujar directamente en DesignBuilder. La verdad es que sí que merece la pena, aunque no tanto como se imaginaba al principio de esta investigación, ya que dibujar en Revit es más sencillo, más intuitivo y hay más herramientas de ayuda que en DesignBuilder. En este caso, se desconocía el funcionamiento del programa Revit, y ha sido muy fácil empezar a manejarlo, aplicar los materiales, visualizarlo, etc. Por la experiencia que se tiene con otros programas de eficiencia energética, como HULC, la introducción en Design Builder del volumen y los huecos sería más compleja y menos automática que en Revit. Por tanto, sí merece la pena dibujar en Revit, exportar a DesignBuilder y dibujar allí simplemente algunos detalles. Aunque, hay que reconocer, que el paso podría ser mucho más directo si se solucionaran algunas incompatibilidades entre los programas.

Revit es un producto de Autodesk, mientras que DesignBuilder es un producto de DesignBuilder,Co. Esto se nota, como se decía antes, en las incompatibilidades entre programas, que obligan a simplificar volúmenes y a tener en cuenta muchos aspectos del dibujo. Hay un primer acercamiento de posturas con el plug-in que Revit incluye para pasar a DesignBuilder, sin embargo, su eficacia es baja y habría que revisarlo. Actualmente, tanto Revit como DesignBuilder son los programas más destacados, cada uno en su campo de trabajo, y es un freno que no se unan totalmente para conseguir grandes avances informáticos en la eficiencia energética.

Por otro lado, en cuanto a los resultados obtenidos de la simulación hay que reconocer que DesignBuilder ofrece mucha información que después nosotros podemos seleccionar. Además, con una sola simulación es capaz de almacenar la información de distintos grados para que luego los usuarios elijan si desean ver los resultados anuales, mensuales, del edificio, de una Habitación, etc. Sin embargo, DesignBuilder es un programa muy complejo y hay que conocerlo mucho si se quiere modificar algún parámetro previo al

análisis, ya que son muchos los factores que tiene en cuenta, y son muchos los factores que pueden alterar el resultado. Por tanto, recomendaría no variar ningún parámetro de los predefinidos, a no ser que se tenga certeza de que ese valor hay que cambiarlo.

En nuestro caso de estudio, tras varias propuestas de mejora planteadas, tanto a nivel de demandas, como a nivel de pérdidas por elementos constructivos, y prestando especial atención a los acristalamientos, que era lo que nos atañía, se ha obtenido que la mejor propuesta, respecto a la energía, corresponde a la hipótesis número cuatro compuesta por marco de PVC y un triple vidrio. Con ella se reduce un 25% la demanda de calefacción y un 50% la demanda de refrigeración. Por otro lado, se reduce la pérdida por acristalamiento un 32%, lo que deja dicha pérdida en un 5% respecto al total de las pérdidas. Por tanto, si se mira la eficiencia y el ahorro energético, dicha hipótesis sería la más apropiada.

Sin embargo, entre la hipótesis 2 (PVC + doble vidrio) y la hipótesis 4 (PVC+ triple vidrio) en la demanda apenas hay diferencia y en las pérdidas de carga por el acristalamiento se pasa de un 6.5% a un 5%, que respecto al 37% de pérdidas iniciales, la variación del 1.5% es mínima. Con ésta mínima diferencia hay que plantearse si económicamente merece la pena llevar a cabo la hipótesis 4 con lo que el triple vidrio conlleve, o si es más viable llevar a cabo la hipótesis dos con un vidrio simple más económico. Desde nuestro punto de vista, hay que apostar por la eficiencia de los cerramientos y escoger aquellos que más ahorro energético vayan a dar a largo plazo, sin embargo, es tan pequeña la diferencia que podría plantearse también válida la hipótesis 2, según el presupuesto para mejoras del que se disponga.

En resumen, de esta investigación se aprende que la compatibilidad entre Revit y DesignBuilder es real y es una necesidad. Que los dos programas trabajados ofrecen muchos servicios a los arquitectos y que deberíamos de investigarlos y trabajarlos más. Además, se ha descubierto DesignBuilder, con Energy Plus como motor de cálculo, y se ha aprendido a manejar sus resultados, sus parámetros y sus bibliotecas de materiales, para poder comparar varias hipótesis de mejora. Se ha aprendido a trabajar con materiales actuales reales y lo más importante, se ha conseguido exportar el BIM y mejorar térmicamente el Gran Hotel de Jaca.

# BIBLIOGRAFÍA

07

## 07 BIBLIOGRAFÍA



ATECYR. «Procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios». *Ahorro y eficiencia energética en Climatización* 13, N° 2. Tecnologías de la información TI aplicadas a la simulación (2008): 29-30.

Bambó Naya, Raimundo. «El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña». *Revista Europea de Investigación en Arquitectura*, N° 4 (2015): 37-54. <http://reia.es/REIA403RBN.pdf>.

Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. «Resultados encuesta BIM», 2016, 1-8. <http://www.cscae.com>.

CTE. Documento Básico HE Ahorro de Energía. «Apéndice D Zonas climáticas», 2013, 31-34.

Cyr, Andrée-Ann, y Nicole D. Anderson. «Trial-and-error learning improves source memory among young and older adults.» *Psychology and Aging* 27, N°2 (22 de agosto de 2012): 429-39. doi:10.1037/a0025115.

«DesignBuilder Revit – gbXML Tutorial», 2013. <http://www.batisim.net/index.php/designbuilder.html>.

García-Alvarado, R., A. González, W. Bustamante, A. Bobadilla, y C. Muñoz. «Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares». *Informes de la Construcción* 66, N° 533 (2014): 1-13. doi:10.3989/ic.12.108.

Herrera Rodríguez, Marcos. «IMPLANTACIÓN DEL BIM EN UN PROYECTO DE RENOVACIÓN ENERGÉTICA - BIM Barcelona». 24 Febrero, 2016. <http://www.bimbarcelona.com/implantacion-del-bim-en-un-proyecto-de-renovacion-energetica/>.

Kurtz, F., M. Monzón, y B. López-Mesa. «Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la postguerra española en áreas urbanas vulnerables. El caso de Zaragoza». *Informes de la Construcción* 67, N° Extra-1 (2015): m021. doi:10.3989/ic.14.062.

Lobos, Danny, Lorena Silva Castillo, y Gerth Wandersleben. «Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile». *SIGraDI*, 2013, 378-82.

Ordoñez García, Arturo. «Manual de ayuda DesignBuilder en español Introducción», 2014, 417.

Oses, Javier. «Investigación de rehabilitación de edificio del Siglo XX de Zaragoza modelado en BIM estableciendo criterios generales de rehabilitación para otros edificios.» EUPLA, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, 2013.

«Presentación ABRACADABRA», 2016. <http://www.coaaragon.es/wp-content/uploads/2016/10/ABRACADABRA.pdf?token=2q31rt3o>.

Pascual, Daniel. «DesignBuilder: Simulación energética de edificios», 2013. <http://www.danielpascual.com/design-builder/>.

Sandoval, Marta. «Los beneficios del BIM aplicados a la Sostenibilidad en el proceso de diseño.» Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, 2013.

Sitio web. Autodesk Revit 2016 Ayuda. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/>

Sitio web. Distribuidor Oficial de DesignBuilder en España. <https://ecoficiente.es/designbuilder/>.

Sitio web. *El Mundo*, 15 de julio de 2015. <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/07/24/55b10e7d22601d0b068b458e.html>.

Sitio web. *Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña - ITeC*. «La implantación del BIM en España», 2017. <https://itec.es/servicios/bim/implantacion-bim-en-espana/>.

Sitio web. Instituto Tecnológico del Cantábrico. <http://itcformacionyconsultoria.com/bim-espana-europa/>.

Sitio web. Las 7 dimensiones del BIM. <http://www.ivanmatias.com>

Sitio web. Saint Gobain, <http://es.saint-gobain-glass.com>.

Victoria Olmos Gormaz, Daniela. «Herramientas y técnicas para la predeterminación de comportamiento energético en arquitectura». Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España., 2013.

Zeroaplus. «Progress Report. Acción Piloto Gran Hotel de Jaca dentro del proyecto I+D ABRACADABRA», 2016.

# ANEXOS

RESUMEN DE ENSAYOS

DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

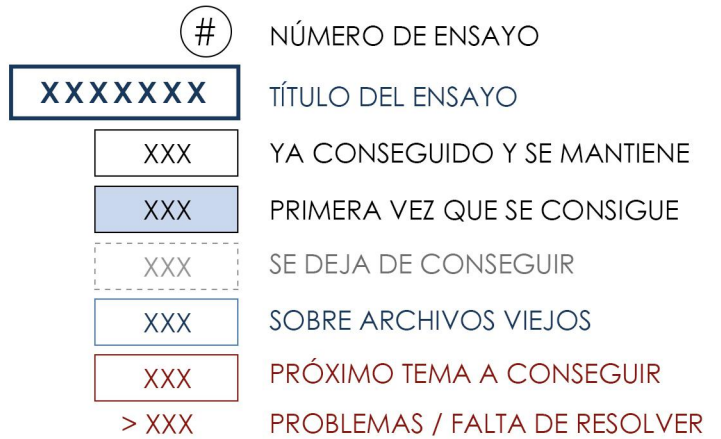
INFORMACIÓN COMPLETADA

# 08 ANEXOS

# A1. RESUMEN DE ENSAYOS

Para poder entender el esfuerzo y tiempo empleado en conseguir esta compatibilidad, y que no quede lugar a dudas de que la investigación ha sido propia y no se ha apoyado en ninguna guía previa, era necesario ampliar la información final del trabajo para incluir una descripción cronológica de la experiencia vivida a lo largo de los ensayos realizados y de los errores obtenidos. A continuación se describen los 16 ensayos de mayor importancia que quedan recogidos también en un cuadro resumen.

1	PASO A TRAVÉS DEL PLUG - IN	PROPIEDADES TÉRMICAS	> PLUG-IN DEJÓ DE FUNCIONAR	
2	PASO A TRAVÉS DE GBXML (1)	UNA HABITACIÓN VARIAS HAB NO	> HAB QUEDAN SEPARADAS	
3	PASO A TRAVÉS DE GBXML (2)	VARIAS HABITACIONES	> SIN PUERTAS NI VENTANAS	
4	PASO DE PUERTAS Y VENTANAS	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	
5	VOLUMEN SIMPLIFICADO (1)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN APROX MINISUPERFICIES
6	VOLUMEN SIMPLIFICADO (2)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
7	VOLUMEN CURVO UNIDO	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
8	PILAR Y BALCÓN (1)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
9	PILAR Y BALCÓN (2)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
10	BALCONES EN ENSAYO 5	PROBLEMAS DEL ENSAYO Nº5>>>	MINISUPERFICIES SIN MATERIAL	BALCONES
11	BALCÓN EN VOLUMEN CURVO	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
12	PILARES (1)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
13	PILARES EN ENSAYO 10	PROBLEMAS DEL ENSAYO Nº10>>	MINISUPERFICIES SIN MATERIAL	BALCONES
14	PILAR EN ARCHIVO CURVO(4)	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO
15	PILARES SIN HABITACIÓN (5)	IGUAL QUE 12. PILARES (1)	BALCONES SUP. SOMBRA	>PILAR BALCÓN >VOLUMEN MAL
16	VOLUMEN FINAL. TODAS LAS HAB.	VARIAS HABITACIONES	PUERTAS Y VENTANAS	VOLUMEN EXACTO



PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	> NO TODAS LAS SUPERFICIES CON MATERIALES	> BLOQUES SEPARADOS	
PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	VOLUMEN UNIDO		
PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	VOLUMEN UNIDO	VOLUMEN PILAR	> SIN PROP TÉRMICAS
		> SIN BALCÓN	
PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	VOLUMEN UNIDO	> PILAR BALCÓN	> VOLUMEN MAL
> PASAR AL ARCHIVO N°9 (CURVO)			
PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	VOLUMEN UNIDO	BALCONES SUP. SOMBRA	> FALTA PILAR
PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	VOLUMEN UNIDO	BALCONES SUP. SOMBRA	> PILAR BALCÓN > VOLUMEN MAL
PILAR COMO MURO	> PASAR AL ARCHIVO N°11 (CURVO)		
PILAR SOMBRA			
PROP TÉRMICAS HAB A ANALIZAR	VOLUMEN UNIDO	BALCONES SUP. SOMBRA	VOLUMEN PILAR
			> SIN PROP TÉRMICAS > PROBLEMAS CON MATERIALES
PROP TÉRMICAS TODO EL EDIFICIO	VOLUMEN UNIDO	BALCONES SUP. SOMBRA	TODAS LAS HABITACIONES
			PILARES EN DESIGN BUILDER

# A.1 RESUMEN DE ENSAYOS



## ENSAYO1. PROPIEDADES TÉRMICAS PLUG ING

Tras leer algunas guías sobre la exportación Revit-DesignBuilder, tenía claro que había que crear Habitaciones y que los materiales que componen los muros y forjados tenían que tener material asignado. Sin embargo, en la configuración de energía no tenía tan claro qué seleccionar. En éste caso marqué:

1. Categoría de exportación : habitaciones.
2. Incluir propiedades térmicas.
3. Modo de análisis : utilizar elementos de la edificación.
4. Complejidad : simple.

Después, creé el modelo energético y, como se veía bien, usé la herramienta que Revit te da para pasar a DesignBuilder (el plug-in). Éste se abrió automáticamente y el volumen que había creado (una habitación aislada y simplificada) se había pasado perfecto en volumen.

**CONSEGUIDO:** Volumen simple.

**PROBLEMAS:** No aparecían puertas y ventanas, pero el principal era que el plug-in dejó de funcionar.

## ENSAYO2. PROPIEDADES TÉRMICAS GBXML(1)

Hubo que buscar otro camino para conseguir la exportación, un camino que funcionara siempre, y este fue el formato gbXML. La primera parte es igual que en el ensayo anterior, creé habitaciones en los espacios a pasar, me informé sobre la configuración energética en la web de Autodesk Revit para saber a conciencia qué me interesaba elegir y creé el modelo energético.

Para la exportación, Exportar >gbXML> elegir las mismas opciones que en Configuración de energía (1. categoría de exportación > habitaciones, 2. Incluir propiedades térmicas, 3. modo de análisis > utilizar elementos de la edificación y 4. complejidad > simple). A continuación, se abre DB y se crea un nuevo archivo ,se añade edificio y finalmente:

1. Archivo >Importar > Importar modelo BIM.
2. Ventana Opciones de importación > Marcar propiedades térmicas y yo elegí como modo de importación ESPACIOS, con lo que las Habitaciones creadas quedaban todas separadas entre sí unos centímetros.

**CONSEGUIDO:** Pasar una habitación del hotel con propiedades térmicas.

**PROBLEMAS:** Si había más de una habitación, éstas quedaban separadas

entre sí, y el análisis energético no funciona en ese caso. Además, se pasaba sin puertas ni ventanas.

### **ENSAYO3. PROPIEDADES TÉRMICAS GBXML (2)**

Son exactamente los mismos pasos que en el Ensayo2, con un cambio en la importación en DesignBuilder.

1. Importar > Importar modelo BIM > en la ventana Opciones de importación.
2. Marcar propiedades térmicas.
3. Modo de importación: hay que elegir SUPERFICIES o AUTOMÁTICO. De ésta manera las habitaciones aparecen juntas y no separadas como con la opción de Espacios. Además, siendo que en Revit había creado Habitaciones y las había elegido como categoría de exportación, no tenía sentido que en DesignBuilder marcara Espacios.

**CONSEGUIDO:** Varias habitaciones unidas, con propiedades térmicas.

**PROBLEMAS:** Faltaban puertas y ventanas en el modelo en DesignBuilder. No se estaban pasando bien. También faltaban más detalles, de momento demasiado simplificado.

### **ENSAYO4. VENTANAS Y PUERTAS**

Las puertas y ventanas no se estaban pasando a DesignBuilder, y sabía que tenía que ser por las características de los materiales, porque en los muros y forjados que sí había estado comprobando y atribuyendo propiedades térmicas, se pasaban perfectamente; sin embargo, en las puertas y ventanas, que no había mirado si las tenían por defecto, no se estaban pasando. Entonces repasé los muros y forjados, para comprobar que todos los materiales tuvieran propiedades térmicas y que no se hubiera escapado ninguno. (explicado en el apartado 3.B. 5. Atribuir propiedades térmicas a todos los materiales.)

En las puertas y ventanas funciona de manera diferente, ya que no le das al material unas propiedades térmicas, sino que en Propiedades Analíticas > Construcción Analítica, hay que seleccionar un tipo de composición, por ejemplo 'puerta francesa, cristal simple', 'marco de PVC cristal doble', etc. Al hacer ésta especificación, automáticamente se rellenan las casillas de Transmitancia y de Resistencia, sin necesidad de seleccionar el material del vidrio y del marco.

En el resto de pasos no había ningún cambio. Configuración de energía, modelo energético, archivo gbXML, nuevo documento en DesignBuilder, nuevo

edificio, importar modelo BIM con superficies y propiedades térmicas.

**CONSEGUIDO:** Habitaciones unidas, con propiedades térmicas, y puertas y ventanas.

**PROBLEMAS:** Faltaba por intentar pasar el volumen real del hotel, y no sólo tres habitaciones.

## ENSAYO5. VOLUMEN SIMPLIFICADO (1)

Tocaba dejar de hacer pruebas y pasar al volumen total del hotel, ya que el método correcto de exportación estaba conseguido. De todas las plantas que tiene el Gran Hotel de Jaca, se decidió que sólo se iban a analizar tres habitaciones de una planta, porque todas se comportan igual dada la orientación Sur. Dibujé la planta a analizar y la de arriba y abajo por la inercia térmica. El resto fueron omitidas. Dentro de estas tres plantas, solo dibujé las tres habitaciones a analizar para facilitar la lectura a DesignBuilder, el resto de habitaciones fueron unificadas en un espacio.

Pensando que cuanto más simplificado, más fácil sería, decidí interpretar el muro curvo como una suma de muros rectos que iban girando haciendo la forma del hotel. En Revit las uniones de los muros quedaban perfectas, sin embargo en DesignBuilder empecé a tener problemas. Aparecían las superficies rectas partidas, había una superficie más grande que seguía manteniendo las propiedades, y luego otras mini-superficies, que coincidían con las esquinas o intersecciones, que perdían el material. Pero en realidad, era una sola superficie con propiedades térmicas. Había en muros que este problema ocurría, pero había en otros en que el muro se pasaba perfecto. Aparentemente el volumen estaba perfecto, fue cuando comprobé los materiales de los muros que empecé a ver estas cosas.

Al final llegué a la conclusión de que esto sólo ocurría en las esquinas e intersecciones de tres muros, si en esas uniones se eliminaba un muro, éstos se pasaban perfectamente. Así que, como resultado, tuve que eliminar esas uniones de tres muros y sustituirlas por uniones de, máximo, 2 muros. A continuación muestro un ejemplo de estas mini-superficies que aparecían.

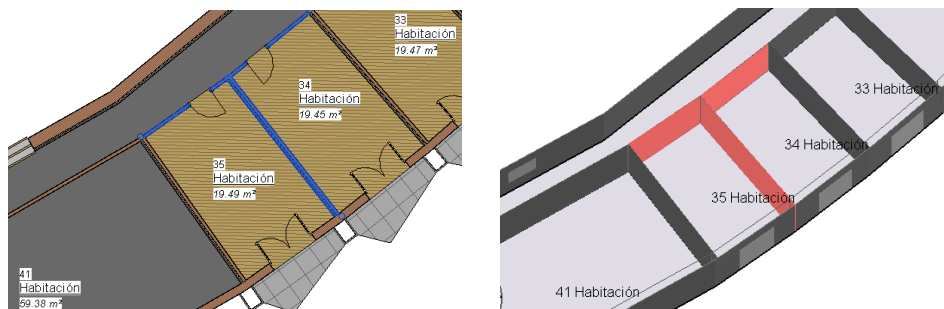


Figura 76. Tres muros intersecando en Revit. (dcha)  
Figura 77. Los muros en Design Builder intersecando como superficies. (izqda)

Figura 78. Mini-superficie. Tamaño 0.02m<sup>2</sup>. Sin material.

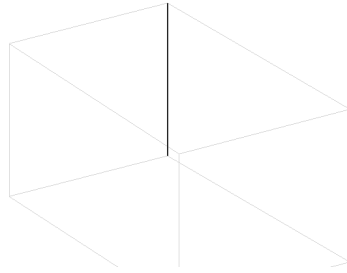
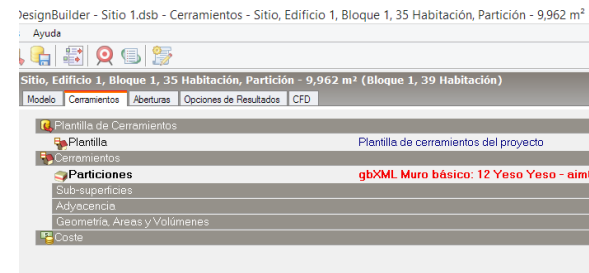
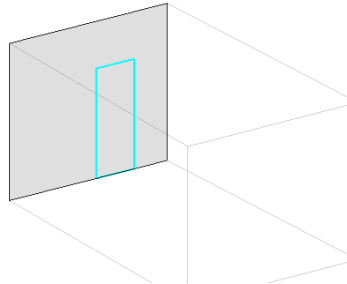


Figura 79. Superficie. Tamaño 9.96 m<sup>2</sup>. Con material.



**CONSEGUIDO:** Volumen del hotel aproximado.

**PROBLEMAS:** Aparecían mini-superficies sin propiedades térmicas. Encuentros de 3 muros no sirven.

## ENSAYO6. VOLUMEN SIMPLIFICADO CURVO (2)

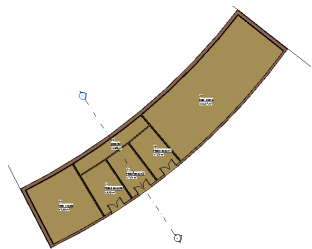


Figura 80. Planta con muros curvos. Unión de máximo dos muros.

Como se ve en el Ensayo5, simplificar la geometría curva en muros rectos suponía la unión de tres muros en el mismo punto y por tanto problemas. Finalmente, para solucionar estas uniones y conseguir unas más sencillas, dibujé los muros que eran curvos con una curva en Revit. Al importarlos a DesignBuilder se pasaban como curvos, la única peculiaridad es que se descomponían en muros pequeños, como cuando se triangula una superficie, pero con rectángulos.

Sin embargo, esto no impedía que las uniones se hicieran bien, ya que las superficies pequeñas eran coplanarias a la curva, es decir, que sólo llevaban una dirección. Además, los muros interiores que separaban las habitaciones también los simplifiqué a un único muro recto y eliminé los baños, porque la geometría que tenían generaba errores, no solo en las uniones, sino también en los forjados.

**CONSEGUIDO:** Volumen real del hotel, eliminar las mini-superficies, los muros a analizar que tengan propiedades térmicas.

**PROBLEMAS:** A veces, aparecían los tres pisos separados. Seguramente fuera porque no se dibujaba en Revit según las indicaciones de cómo DesignBuilder entiende un edificio. Además, propiedades térmicas tenían todos los muros de las 3 habitaciones a analizar. Pero del resto del volumen, había

muros que sí y muros que no. Aunque no importaba porque se iba a convertir en adiabático para el análisis energético se perderían las propiedades de los muros.

## ENSAYO7. VOLUMEN CURVO UNIDO

Hasta ahora, no había prestado especial atención a cómo ponía los límites en el dibujado en Revit, y cómo los interpretaba DesignBuilder. Pero, a raíz de ver que no se estaban uniendo bien los tres pisos, empecé a leer guías de modelado en DesignBuilder y a encontrar los fallos que estaba cometiendo en Revit.

La manera en que DesignBuilder entiende las superficies que se dibujan es la siguiente: los forjados llegan hasta el exterior, quedando la cara externa del muro alineada con el final del forjado. Los muros parten del forjado hasta completar la altura de la planta, el techo se completará con el forjado de la planta siguiente. Y así es como he dibujado en Revit y los tres pisos aparecen unidos. Sin embargo, si el forjado va por el interior y los muros por el exterior, no es bien leído por DesignBuilder y quedan separados. En mi caso, lo que pasaba era que los muros y los forjados se solapaban; entonces, dependía del azar que los bloques salieran unidos o separados.

**CONSEGUIDO:** Volumen unido perfectamente.

**PROBLEMAS:** Las propiedades térmicas tenían todos los muros de las 3 habitaciones a analizar. Pero del resto del volumen, había muros que sí y muros que no. Aunque no importaba porque se iba a convertir en adiabático para el análisis energético y se perderían las propiedades de los muros.

## ENSAYOS8. PILAR Y BALCÓN (1)

Una vez conseguido el volumen perfecto y las propiedades térmicas, al menos en las habitaciones a analizar, el siguiente paso era conseguir la exportación de algunos detalles que generaban sombra, como los balcones, o importantes puentes térmicos en la fachada, como las pilastras de Piedra.

Para ello, los pilares de piedra los dibujé sólo con el contorno, quedando huecos en su interior, para poder crear una Habitación dentro de ellos y que al exportar quedase recogido el volumen. Para los balcones cree un forjado que tuviera esa forma, como no tenían ninguna delimitación en vertical no podía crear Habitación, así que no sabía si se iba a pasar como Superficie de sombra o no. Una vez modelados, realicé la exportación como siempre y



Figura 81. Correcto modelado en Revit.

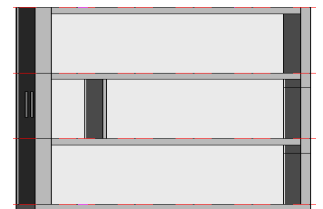


Figura 82. Erróneo modelado en Revit.

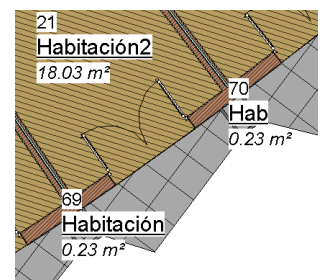


Figura 83. Pilares mediante Habitación.

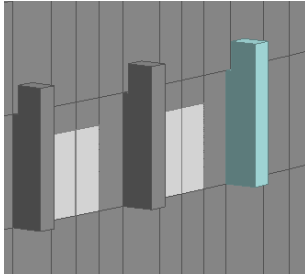


Figura 84. Pilares sin material y con problemas en Design Builder.

al importarlo en DesignBuilder marqué ‘Superficie de sombra’. Sin embargo, estas superficies de sombra correspondientes a los balcones no aparecieron y los pilares de piedra se habían pasado en volumen, pero no con propiedades térmicas.

**CONSEGUIDO:** Volumen hotel, propiedades térmicas de las 3 habitaciones y volumen de los pilares.

**PROBLEMAS:** Los balcones no aparecían y los pilares de piedra no tenían material, que era lo principal para los puentes térmicos.

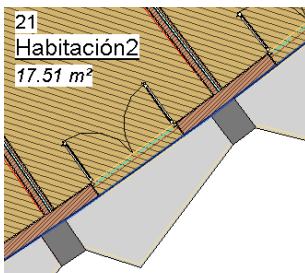


Figura 85. Pilares con muro 50cm.

## ENSAYO9. PILAR Y BALCÓN (2)

Como en el ensayo anterior no se había conseguido el material del pilar, lo que hice fue crear los pilares como tal; es decir, un muro de 50cm de espesor de piedra y el ancho de los pilares exteriores. Los balcones continuaban siendo un forjado que había creado para terraza. Se exportó como siempre y no se consiguió nada, ni el volumen del pilar, ni la superficie del balcón. Además, la lectura de esos pilares no fue buena y el volumen del hotel se destrozó en esa planta. Lo que no entendía era por qué los forjados de los balcones no se estaban pasando como superficie de sombra.

**CONSEGUIDO:** Nada.

**PROBLEMAS:** Volumen destrozado, no aparecían ni los pilares ni los balcones.

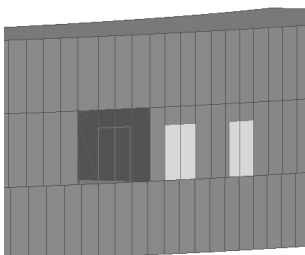


Figura 86. No aparecen los pilares ni el volumen en Design Builder.

## ENSAYO10. BALCONES ARCHIVO ANTIGUO (3)

Nada de lo probado hasta ahora estaba funcionando con los elementos de detalle (pilares y balcones), así que decidí centrarme en conseguir los balcones, en vez de intentarlo todo a la vez, a ver si así lo conseguía. Y, dado que en el archivo normal no estaba consiguiendo las superficies de sombra, pensé que podría haber algún error en el archivo y busqué uno de los archivos anteriores más pequeño y que funcionara. Entonces, cogí el archivo del ‘Ensayo 5’ cuyo principal problema eran las mini-superficies y dibujé el balcón con un forjado que había ya creado anteriormente y que tenía las materiales definidos.

Para exportar, seguí los pasos de siempre marcando ‘Complejidad de exportación’: Simple. Y no funcionó, no se pasó nada a DesignBuilder. Entonces decidí investigar y volver a exportar pero en vez de simple, marcando ‘Simple con superficies de sombra’ y apareció en DesignBuilder el balcón como un

elemento de sombra. No necesito que el balcón se pase como un elemento porque solo lo necesito para la sombra que genera en la fachada.

Después, analizando un poco más la exportación, de cara a conseguirla en el archivo principal, me di cuenta que la clave no solo era marcar 'Simple con superficies de sombra', sino que el forjado utilizado ya estaba en ese archivo y tenía los materiales con las propiedades térmicas asociadas. Hasta ahora, yo transfería la biblioteca de muros y forjados de un archivo a otro para no tener que crearlos de nuevo en cada archivo, pero quizás no estaba transfiriendo también las propiedades de los materiales, y por eso el forjado no tenía información que pasar a DesignBuilder.

**CONSEGUIDO:** Exportar balcones en archivo antiguo.

**PROBLEMAS:** Conseguir lo mismo en el archivo principal

## ENSAYO11. Balcón en Volumen Curvo (4)

Una vez conseguido el balcón en el archivo del Ensayo5, lo que hice fue copiar el tipo de forjado, materiales y propiedades térmicas en el archivo principal. Entonces dibujé los balcones de las tres habitaciones que iba a analizar, los dibujé unidos para manejar un solo elemento en caso de tener que manipularlo posteriormente, con el tipo de forjado que había importado y comprobé que éste tuviera propiedades térmicas en todos los materiales.

Al exportarlo con complejidad simple con sombras apareció en DesignBuilder el balcón como superficie de sombra. Esta superficie aparecía separada de la superficie de fachada, así que hubo que desplazarla hasta la pared con las opciones booleanas de movimiento de DesignBuilder.

**CONSEGUIDO:** Volumen unido con propiedades térmicas en las habitaciones a analizar y superficie de sombra de los balcones.

**PROBLEMAS:** Todavía faltan los pilares de piedra de conseguir.

## ENSAYO12. PILARES (5)

Conseguidos los balcones, el próximo objetivo es conseguir pasar los pilares de piedra por el puente térmico que generan en fachada. La última vez que intenté pasarlos había probado con un muro de 50cm y con muros que encierran una habitación. Ahora voy a probar a con los muros que generan un hueco, pero no voy a crear una habitación, a ver si así al menos se pasan como superficies de sombra.

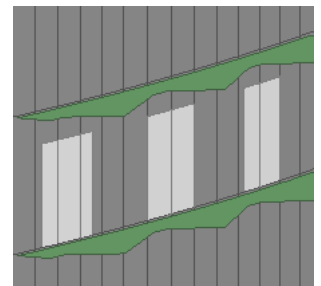


Figura 87. Modelo en Design Builder con balcones,

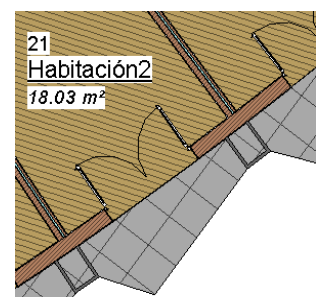


Figura 88. Pilares sin Habitación.

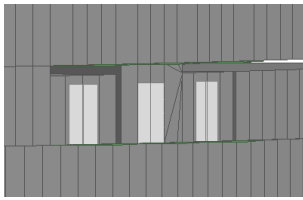


Figura 89. No aparecen los pilares ni el volumen en Design Builder.

Pese a exportarlo con complejidad Simple con superficie de sombras, no ha aparecido nada al importar el modelo a DesignBuilder. Lo que he conseguido con esta prueba es destrozarse el volumen que antes aparecía unido y ya no, perder las propiedades térmicas y estropear la geometría. Sin habitación no es una opción, hay que seguir investigando con habitación a ver si se pasan propiedades térmicas bien.

**CONSEGUIDO:** No se ha conseguido nada porque todo lo que habíamos conseguido se ha perdido al introducir los pilares.

**PROBLEMAS:** No aparecen los pilares, se perdía la geometría, el volumen unido y las propiedades térmicas de los materiales.

### ENSAYO13. PILARES ARCHIVO ANTIGUO (6)

Al igual que con los balcones, pensé que igual había algo en el archivo que estuviera frenando la lectura de los pilares y decidí probar con el mismo archivo antiguo que había utilizado en el Ensayo 10, es decir, el archivo del Ensayo5 que tenía el problema de las mini-superficies.

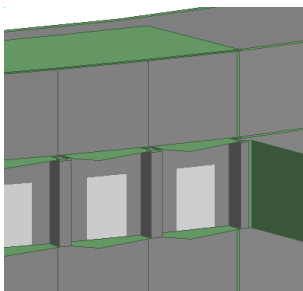


Figura 90. Archivo antiguo. Pilares con Habitación. Resultado en Design Builder.

Decidí probar en este archivo las dos posibilidades: pilares huecos con habitación para conseguir materiales y pilares huecos sin habitación para conseguir superficie de sombra, al menos. Empecé por los pilares con habitación, exporté a DesignBuilder como venía haciendo y al importarlos en DesignBuilder, los pilares aparecían sin destrozarse el resto del modelado. El punto más extraño que tenía era que las superficies de sombra que se generaban estaban descontroladas, pero los pilares como volumen aparecían. Estos pilares estaban formados por mini-superficies y algunas de ellas tenía material y otras venían con el predeterminado de DesignBuilder, por lo que la exportación no estaba completada con éxito para los puentes térmicos. Habrá que probar si en el archivo principal, los pilares también tienen mini-superficies o si se pasan bien.

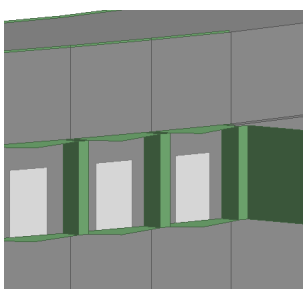


Figura 91. Archivo antiguo. Pilares sin Habitación. Resultado en Design Builder.

Entonces, dado que este método no servía, decidí intentar el otro aun sabiendo que lo máximo que podría conseguir sería la sombra que generan estos pilares. Exporte el modelo sin habitaciones, lo importé en DesignBuilder con las propiedades de siempre y aparecieron los pilares como superficie de sombra. Hasta ahora nunca habían aparecido así, aunque hubiera realizado los mismos pasos. Sin embargo, aunque aparecieran los pilares, el resto del modelo se veía perjudicado ya que los bloques ahora volvían a estar separados, lo que es un problema para el análisis energético. Por tanto, éste método tampoco funciona bien.



**CONSEGUIDO:** Que aparezcan los pilares en volumen, pero en archivo viejo.

**PROBLEMAS:** La exportación no es correcta, se destroza el volumen o no tiene propiedades térmicas.

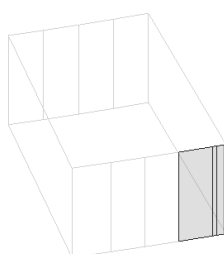
## ENSAYO14. PILARES ARCHIVO CURVO (7)

Como en el archivo viejo se había conseguido pasar los pilares aunque con problemas en los materiales, pasé a intentarlo en el archivo principal a ver si también lo conseguía. Hice los pilares con las habitaciones, los exporté e importé en DesignBuilder y aparentemente se habían pasado perfectamente, pese a tener una superficie hacia arriba algo extraña.

Sin embargo, cuando analicé detalladamente que todas las superficies se hubieran mantenido bien con su material y sus propiedades térmicas, algo indispensable para en análisis energético, empecé a ver que la exportación no era tan satisfactoria como parecía.

1. Las superficies que rodean las tres habitaciones a analizar perdían o mantenían el material aleatoriamente. Esto ya ocurría anteriormente, es un problema que se puede solucionar si se convierten estos bloques en adiabáticos, por lo que pierden el material y solo mantienen la inercia. Lo que era importante era que las superficies de las Habitaciones estuvieran perfectas, como hasta ahora.

2. Los rectángulos de superficie en los que van los pilares perdían el material, mientras que el rectángulo de al lado (sin pilar) seguían manteniendo sus propiedades. Además, volvían a aparecer las mini-superficies que hacen perder el material a causa de los pilares. Con ésto, esta opción queda automáticamente descartada, ya que las propiedades térmicas es lo principal.



Plantilla de Cerramientos	
Plantilla	Plantilla de cerramientos
Cerramientos	
Muros exteriores	Muro del proyecto
Particiones	Partición del proyecto
Sub-superficies	
Adyacencia	
Adyacencia	1-Automática
Geometría, Áreas y Volúmenes	
Convección superficial	

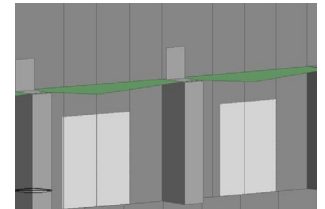


Figura 92. Resultado de exportar los pilares con Habitación en el archivo original.

3. Los pilares se pasaban bien en volumen, pero la parte que está en contacto con la fachada se partía en muchas mini-superficies y perdía el material a trozos. Al final, el rectángulo de fachada que incluía el pilar había perdido su material en todo el área, mientras que el pilar sí que mantenía su material en una gran parte. Sin embargo, aunque el trozo de pilar pudiera haber recupe-

Figura 93. Superficie que ha perdido su material en Design Builder.

rado su material, el área del rectángulo que no estaba cubierta por el pilar, seguía sin tener material atribuido. En resumen, las propiedades térmicas se pierden.

Figura 94. Parte del pilar que coge el material de la fachada.

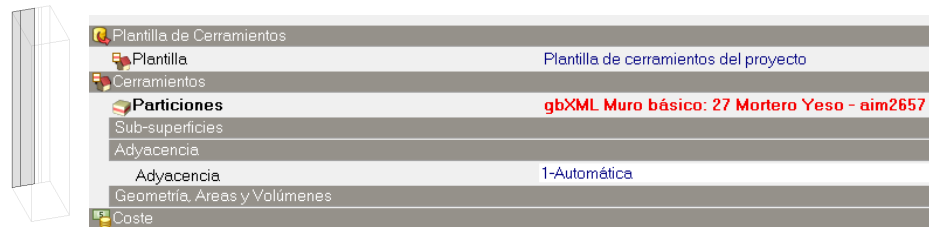


Figura 95. Parte del pilar mini-superficie que pierde material.



**CONSEGUIDO:** Volumen de pilares y del edificio.

**PROBLEMAS:** Las propiedades térmicas de todo el edificio empiezan a fallar, incluidas las de las Habitaciones a analizar.

## ENSAYO15. PILARES SIN HABITACIÓN (8)

Igual que había hecho en el archivo antiguo, Ensayo13, probé a quitar la superficie al modelo en Revit que acababa de utilizar, a ver si así al menos conseguía pasar los pilares como superficie de sombra. Sin embargo, al exportar e importar el archivo sin las habitaciones creadas en los pilares, lo que ocurrió fue exactamente lo mismo que había ocurrido en el Ensayo12, en el que probé lo mismo. El volumen, la geometría y las propiedades térmicas se pierden totalmente así que no era una opción.

Después de haber intentado todo lo posible, decidí que los pilares era algo que había que dibujar directamente en DesignBuilder para la sombra y, sobre todo, para que el puente térmico se pasase perfectamente.

**CONSEGUIDO:** No se ha conseguido nada porque todo lo que habíamos conseguido se ha perdido al introducir los pilares.

**PROBLEMAS:** No aparecen los pilares, se perdía la geometría, el volumen unido y las propiedades térmicas de los materiales.

## **ENSAYO16. VOLUMEN CURVO UNIDO COMPLETO**

Por último, tiempo después de haber estado intentando pasar los pilares, seguía pensando en esas superficies del entorno de las 3 Habitaciones que perdían el material azarosamente, y que las superficies de las Habitaciones se mantenían perfectas.

Caí en la cuenta de que al dividir la fachada en una gran cantidad de superficies rectangulares, la cantidad de superficies que tenía que leer una habitación era mucho menor de las que tenía que leer la planta de arriba que era una única Habitación. Así que, pese a creer inicialmente que cuantos menos espacios más fácil sería para DesignBuilder, dibujé en Revit las 10 habitaciones por planta de las tres plantas más los tres pasillos, y los importé en DesignBuilder. Tras comprobar, uno por uno, todos los muros, todos ellos mantenían el material y las propiedades térmicas que le correspondían.

Así que definitivamente, DesignBuilder lee mejor la información cuanto más desglosada y más simple es, aunque a priori nos parezca más complicado analizar una curva o 33 habitaciones, al final he comprobado que estaba equivocada, y que información cuanto más clara mejor es leída por DesignBuilder.

**CONSEGUIDO:** Volumen unido y real con propiedades térmicas en todas las superficies y superficies de sombra como balcones.

**PROBLEMAS:** No se ha conseguido los pilares, se dibujarán directamente en Design Builder.



# A2. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

[TRANSMITANCIAS](#)[PLANTAS TIPOS DE MURO](#)[PUERTAS Y VENTANAS](#)

Se quiere mostrar toda la documentación realizada previa al modelado, durante la visita al Gran Hotel de Jaca y durante la investigación constructiva de la época. De este modo, junto a los Detalles constructivos que se han visto en el trabajo, se podrá consultar el desglose de capas y transmitancias de cada muro, puerta o ventana. Así como unas plantas de referencia con la ubicación de cada tipología de muro. Información necesaria si se desea seguir los pasos de esta guía y conseguir la compatibilidad.

## A.2 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

## A2.1 TRANSMITANCIAS

### FORJADOS

#### TIPO : 30 Moqueta - Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·k)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Moqueta	1		
Tablero de rasilla	3		
Camisa de mortero	2		
Forjado de H.A viguetas prefabricado	23		
Guarnecido y enlucido de yeso	1		
	<b>30</b>	1,031	<b>0,9704</b>

#### TIPO : 31 Madera- Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·k)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Acabado madera laminada	2		
Tablero de rasilla	3		
Camisa de mortero	2		
Forjado de H.A viguetas prefabricado	23		
Guarnecido y enlucido de yeso	1		
	<b>31</b>	0,864	<b>1,1577</b>

#### TIPO : 30 Cemento-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·k)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Cemento pulido impermeable	2		
Camisa de mortero	4		
Forjado de H.A viguetas prefabricado	23		
Guarnecido y enlucido de yeso	1		
	<b>30</b>	0,788	<b>1,2688</b>

#### TIPO: 30 BALDOSA TERRAZA

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·k)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Baldosa ceramica	2		
Camisa de mortero	4		
Forjado de H.A viguetas prefabricado	23		
Guarnecido y enlucido de yeso	1		
	<b>30</b>	0,763	<b>1,31</b>

#### CUBIERTA

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·k)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Teja piedra lisa pizarra	2		
Capa de compresión de hormigón	3		
Tablero cerámico machihembrado	4		<b>7,25</b>
Cámara de aire muy ventilada	-		
Aislante lana de roca extendido	1		
Camisa de mortero	2		
Forjado H.A viguetas prefabricadas	23		
Guarnecido y enlucido de yeso	1		<b>1,3152</b>
	<b>9+27</b>	0,117	<b>8,5652</b>

**MUROS****1 TIPO : 12 Yeso -Yeso**

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>12</b>	0,392	<b>2,55</b>

**2 TIPO : 12 Cerámica-Yeso**

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Aplacado cerámico	0,5		
Mortero de cemento	1		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>12</b>	0,377	<b>2,65</b>

**3 TIPO : 12 Cerámica- Cerámica**

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Aplacado cerámico	0,5		
Mortero de cemento	1		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Mortero de cemento	1		
Aplacado cerámico	0,5		
	<b>12</b>	0,347	<b>2,88</b>

**4 TIPO : 20 Yeso-Yeso**

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>20</b>	1,597	<b>0,626</b>

**5 TIPO : 20 Cerámica-Yeso**

Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Aplacado cerámico	0,5		
Mortero de cemento	1		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>20</b>	1,577	<b>0,634</b>

**6 TIPO : 27 Yeso- Yeso**

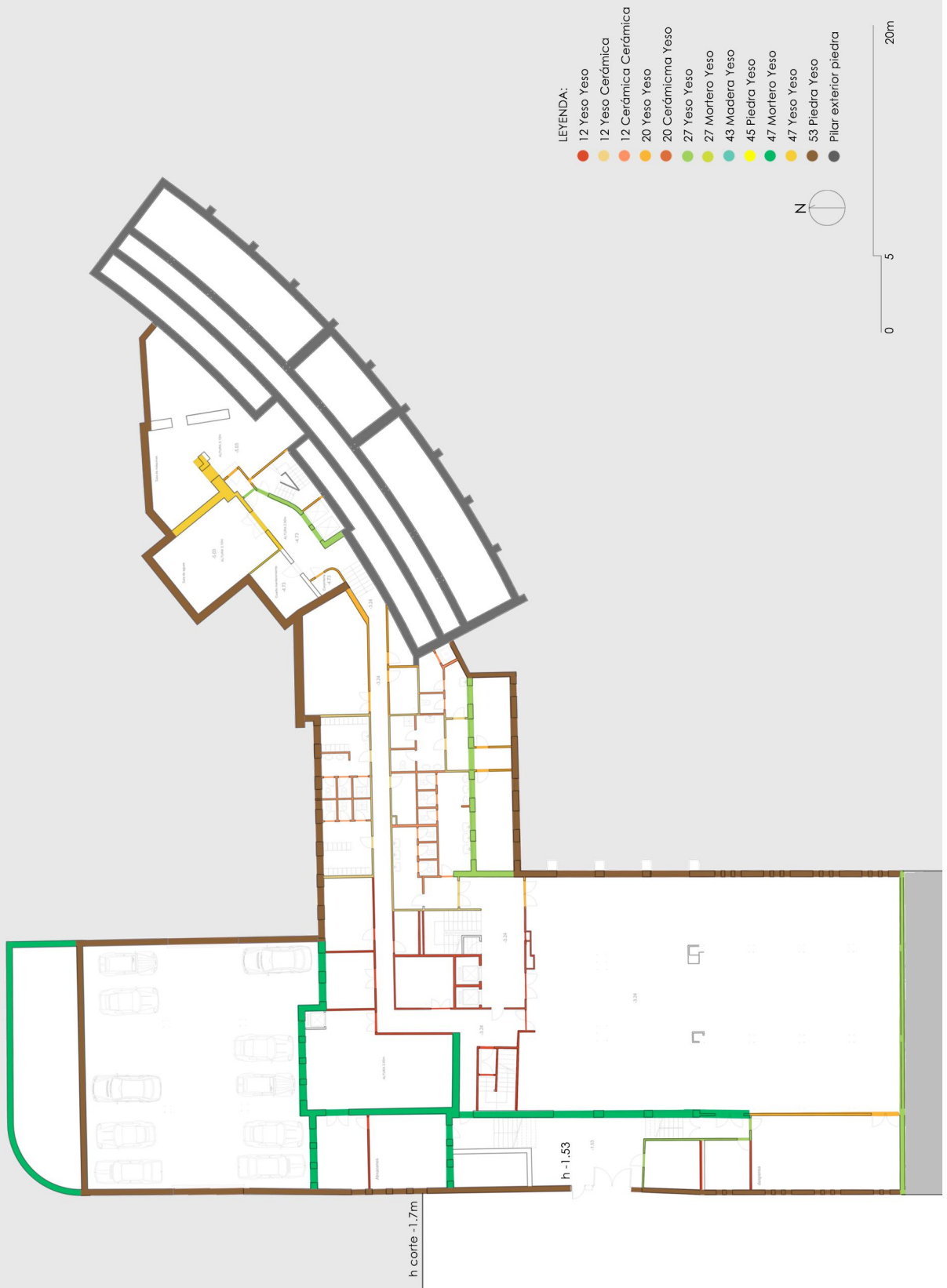
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Fábrica de ladrillo macizo 1 pie	24		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>27</b>	1,059	<b>17</b>

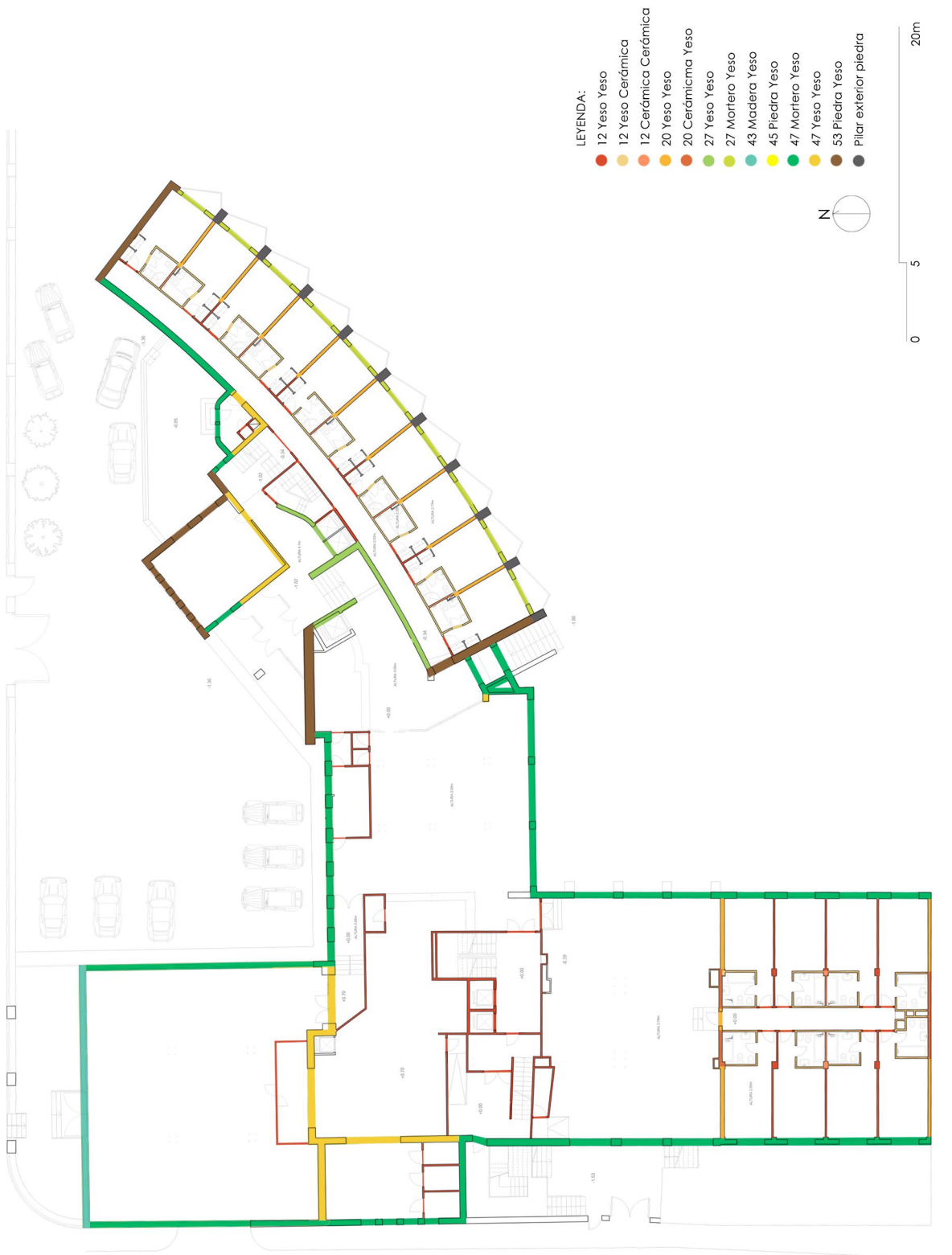


<b>8 TIPO : 43 Madera-Yeso</b>			
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Laminado de madera macizo roble	4,5		
Mortero de cemento	1		
Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 PIE	36		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>43</b>	<b>0,265</b>	<b>3,78</b>
<b>9 TIPO : 45 Piedra-Yeso</b>			
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Acabado piedra arenisca A.D	5,5		
Mortero de cemento	2		
Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 PIE	36		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>45</b>	<b>0,0798</b>	<b>12,78</b>
<b>10 TIPO : 47 Mortero-Yeso</b>			
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Revoco exterior de mortero de cemento	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>47</b>	<b>1,26</b>	<b>0,8</b>
<b>11 TIPO : 47 Yeso-Yeso</b>			
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>47</b>	<b>1,282</b>	<b>0,78</b>
<b>12 TIPO : 53 Piedra- Yeso</b>			
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Acabado piedra	5,5		
Mortero de cemento	1		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	2		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	<b>53</b>	<b>1,282</b>	<b>0,78</b>
<b>13 PILAR HORMIGÓN</b>			
Materiales	Espesor (cm)	R (m <sup>2</sup> ·K)/w	U W/ m <sup>2</sup> ·K
Acabado piedra	5,5		
Mortero de cemento	1		
Hormigón armado	40		
Mortero de cemento	1		
Acabado piedra	5,5		
	<b>53</b>	<b>0,287</b>	<b>3,48</b>

Figura 96. Tablas de transmitancias.

# PLANTAS TIPOS DE MURO





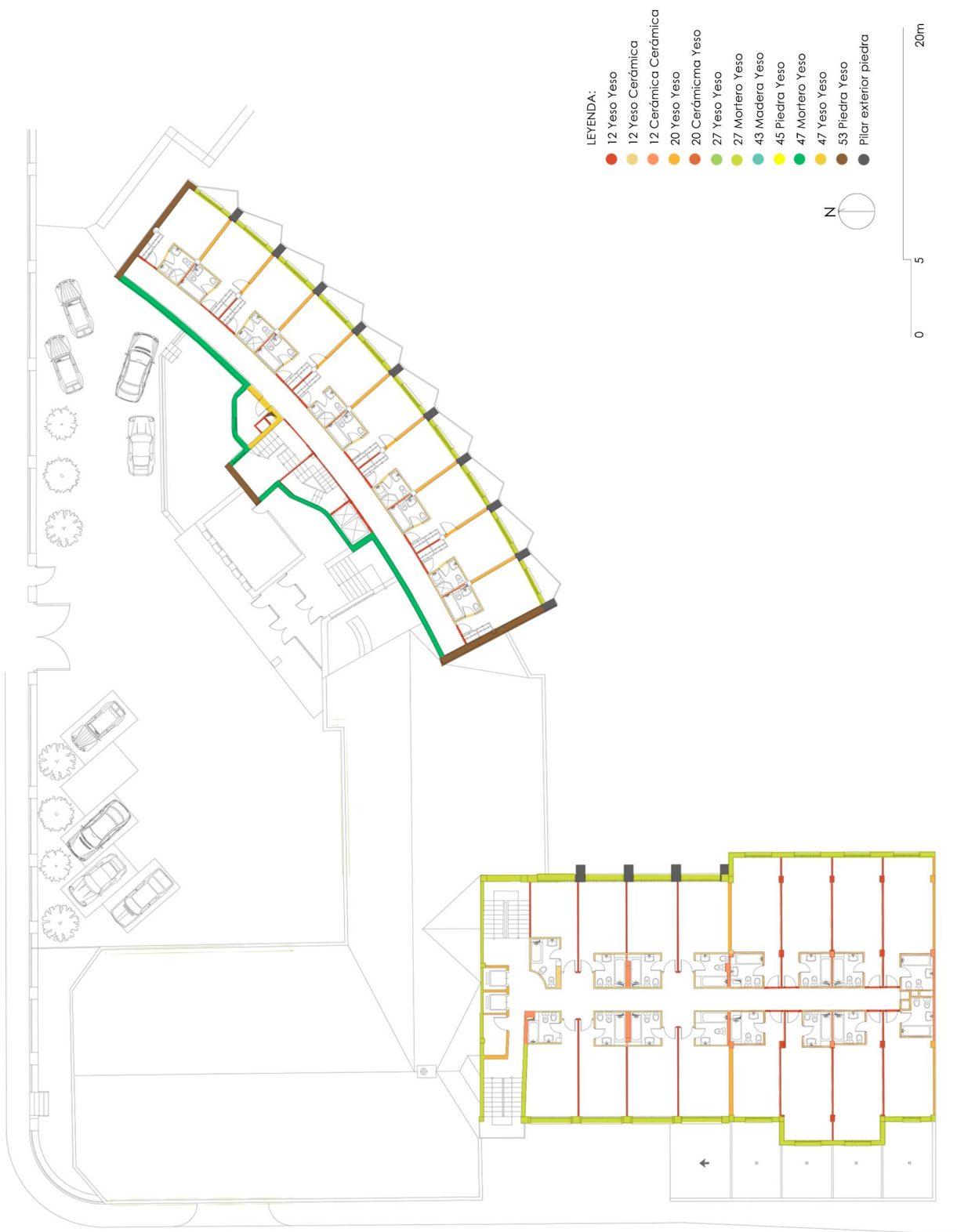


Figura 97. Plantas de tipo de muro.

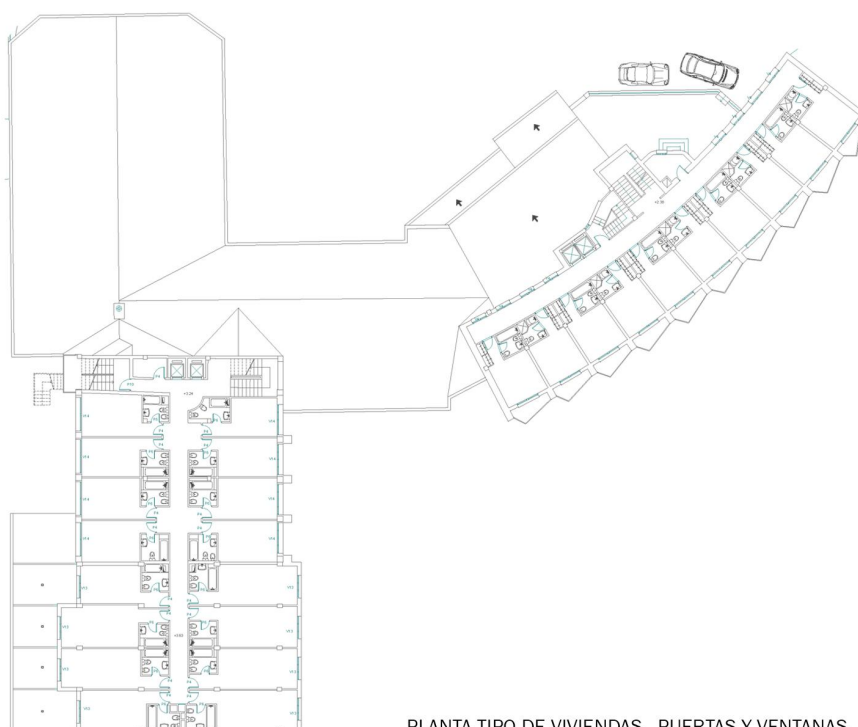
## PUERTAS Y VENTANAS

### PUERTAS

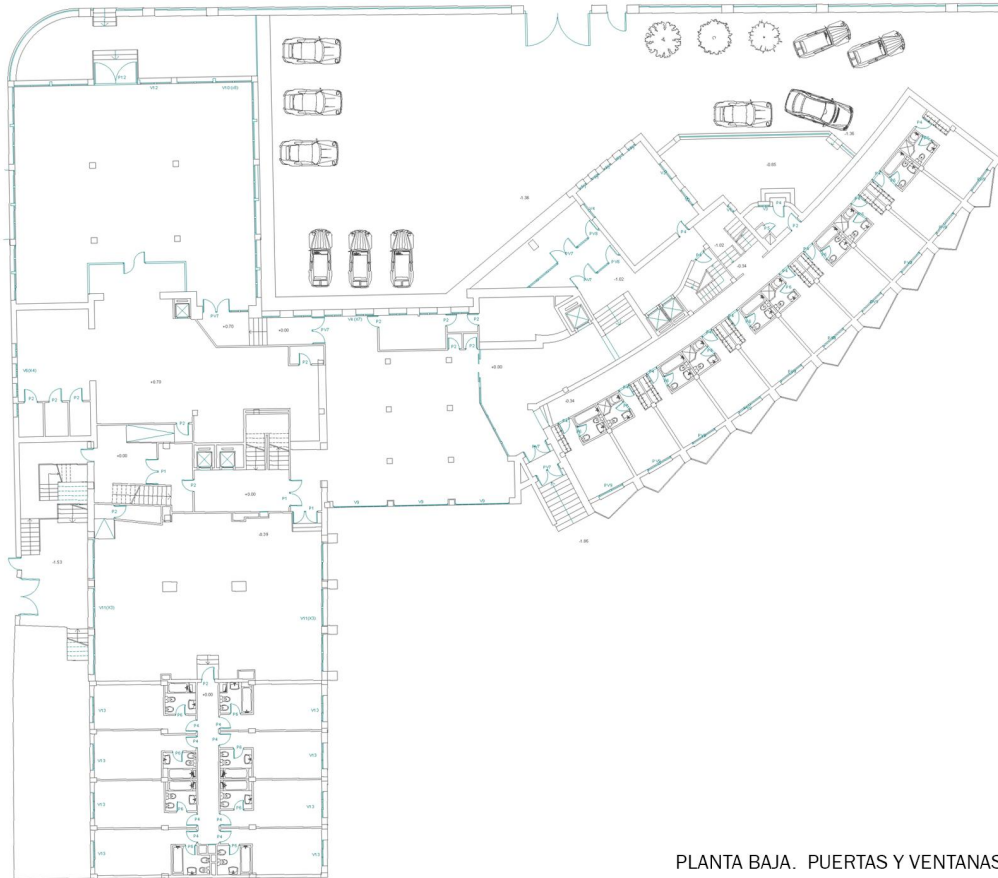
	Ancho (m)	Tipo vidrio	Tipo carpintería	Alto (m)	U W/ m <sup>2</sup> ·K
<b>P1</b>	1,6	-	Madera blanda	2,1	3,8042
<b>P2</b>	0,9	-	Madera blanda	2,1	3,8042
<b>P3</b>	0,7	-	Madera blanda	2,1	3,8042
<b>P4 Hab</b>	0,8	-	Madera blanda	2,1	3,8042
<b>P5</b>	0,6	-	Madera blanda	2,1	3,8042
<b>P6 bañ</b>	0,7	-	Madera blanda	2,1	3,8042
<b>P Vidrio7</b>	1,7	Cristal simple	Madera blanda	2,2	3,8042
<b>P Vidrio8</b>	0,9	Cristal simple	Madera blanda	2,2	3,8042
<b>P Vidrio9 hab</b>	1,8	Cristal simple	Madera blanda	2,2	3,8042
<b>P10 ( Exterior)</b>	0,8	-	Madera blanda	2,2	3,8042
<b>P11 ( Exterior)</b>	1,4	-	Madera blanda	2,2	3,8042
<b>P12 vidrio (Exterior)</b>	2,9	Doble Cristal	Madera blanda	2,2	3,8042

### VENTANAS

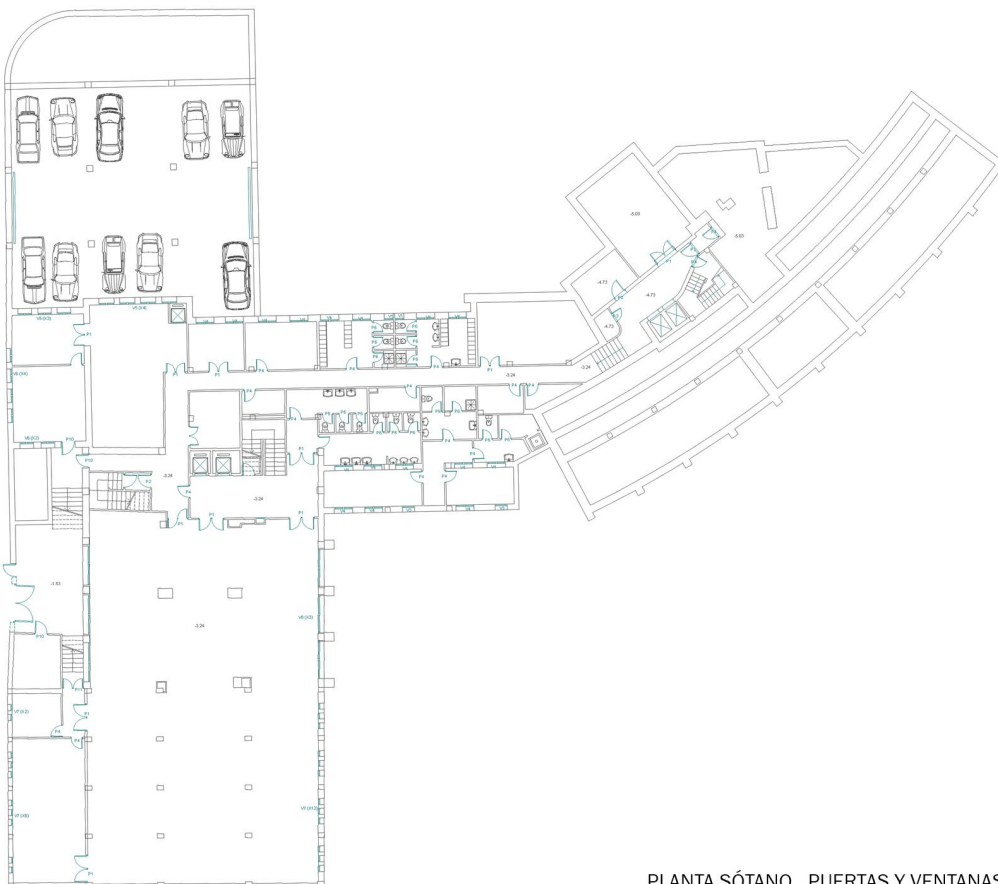
	Ancho (m)	Tipo	Tipo carpintería	Alto (m)	U W/ m <sup>2</sup> ·K
<b>V1</b>	0,6	Cristal simple	Madera	1,1	3,6886
<b>V2</b>	1,3	Cristal simple	Madera	1,1	3,6886
<b>V3</b>	0,8	Cristal simple	Madera	1,2	3,6886
<b>V4</b>	1,2	Cristal simple	Madera	0,8	3,6886
<b>V5</b>	1	Cristal simple	Madera	1,1	3,6886
<b>V6</b>	0,9	Cristal simple	Madera	0,5	3,6886
<b>V7</b>	0,4	Doble cristal	Madera	0,5	3,1292
<b>V8</b>	2,4	Doble cristal	Madera	1	3,1292
<b>V9 ( 8 módulos)</b>	3,6	Doble cristal	Madera	1,5	3,1292
<b>V10 ( 2 módulos)</b>	3,8	Doble cristal	Madera	2	3,1292
<b>V11</b>	2,5	Doble cristal	Madera	1,5	3,1292
<b>V12</b>	2	Doble cristal	Madera	1	3,1292
<b>V13 hab</b>	1,75	Doble cristal	Madera	2	3,1292
<b>V14 hab</b>	2,6	Doble cristal	Madera	1,1	3,1292
<b>V15 hab</b>	2,6	Doble cristal	Madera	2	3,1292



PLANTA TIPO DE VIVIENDAS. PUERTAS Y VENTANAS



PLANTA BAJA. PUERTAS Y VENTANAS



PLANTA SÓTANO. PUERTAS Y VENTANAS

Figura 98. Plantas y tablas de transmitancia de tipo de puertas y ventanas

# A3. INFORMACIÓN AMPLIADA

[A3.1 TABLAS COMPLETAS](#)[A3.2 CATÁLOGO DE PROPUESTAS](#)[A3.3 FOTOGRAFÍAS](#)

En el grueso del trabajo se enfoca la parte de las tablas que interesa para lo que se está hablando, sin embargo se cree necesario completar esa información por si se desea consultar la tabla original o se busca otra información de la mostrada en el trabajo y que aparece en la tabla. Así que esta información aparecerá en este Anexo A3.1. Por otro lado, en las propuestas de mejora se juega con 3 marcos y dos vidrios que se explican brevemente, sin embargo éstos pertenecen a un catálogo o cuentan con fichas técnicas que el trabajo no alcanza a contar y por eso se encuentran aquí, en el Anexo A3.2. En último lugar, en el apartado del Anexo A3.3. se van a mostrar algunas de las fotografías tomadas en la visita al Gran Hotel de Jaca y que han servido de referencia durante toda la investigación.

## A.3 INFORMACIÓN AMPLIADA



**NIVEL DE IMPLANTACIÓN DE BIM EN ESTUDIOS DE ARQUITECTURA**  
**1567 RESPUESTAS**

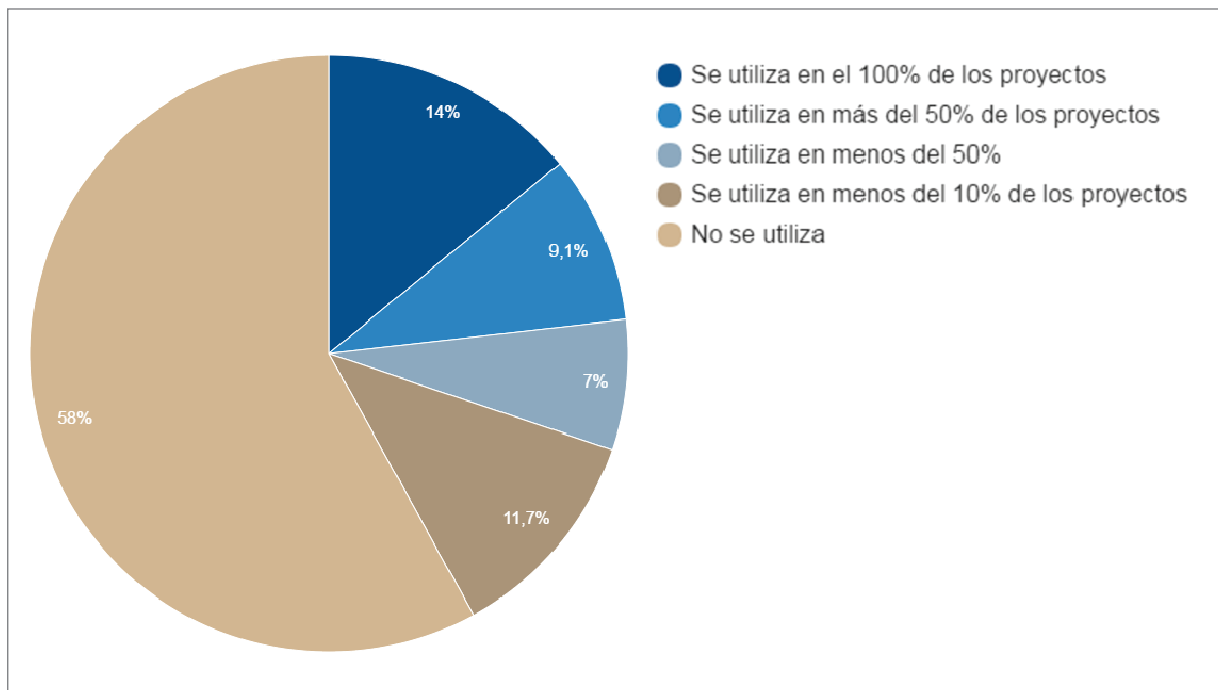


Figura 99. Gráfica de la encuesta CSCAE.

**PREVISIÓN DE RECIBIR FORMACIÓN BIM**  
**2280 RESPUESTAS**

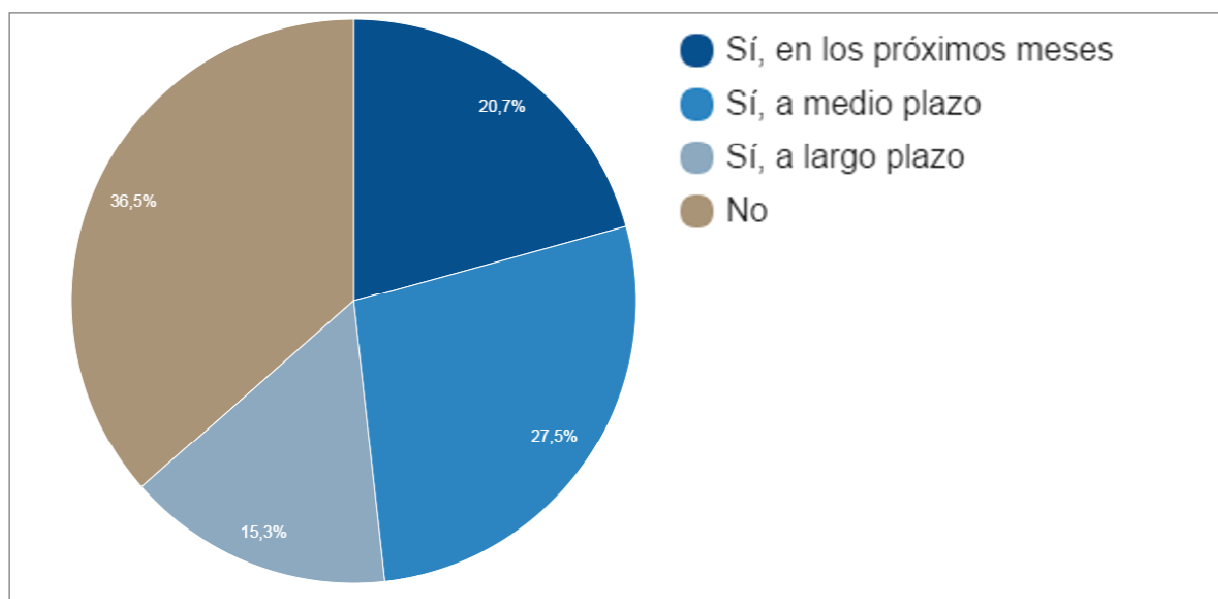
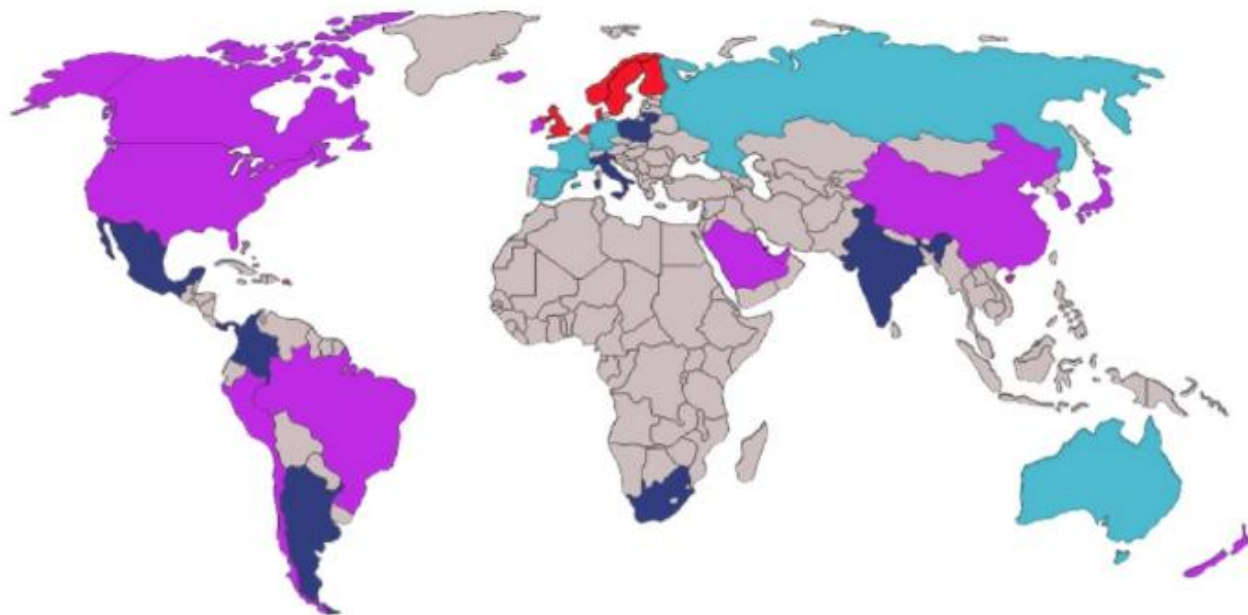


Figura 100. Gráfica de la encuesta CSCAE



**LEYENDA:**  
**Mapa de Implantación BIM 2016**  
**Uso BIM Obligatorio en Proyectos Públicos**      **Uso Obligatorio previsto en Proyectos Públicos**  
**Uso habitual de BIM**      **Uso habitual de BIM**  
**Uso incipiente de BIM**      **Uso incipiente de BIM**

Figura 101. Mapa mundi de la situación del BIM a corto plazo.

- DOCUMENTACIÓN** 2D  
 - Planos CAD tradicionales  
 - Líneas, imágenes, etc.
- MODELO TRIDIMENSIONAL** 3D  
 - Documentación gráfica  
 - Información geométrica  
 - Objetos con propiedades  
 - Visualización del proyecto
- PROGRAMACIÓN** 4D  
 - Simulación de fases del proyecto  
 - Simulación de instalaciones  
 - Diseño del plan de ejecución
- CONTROL DE COSTOS** 5D  
 - Estimación de gastos  
 - Cantidades de materiales  
 - Costos operativos
- SOSTENIBILIDAD** 6D  
 - Análisis energético  
 - Variaciones e interacciones de la envolvente  
 - Seguimiento LEED
- GESTIÓN DE OPERACIONES** 7D  
 - Estrategias Ciclo de Vida BIM  
 - BIM As-Built  
 - Modelo de operación y mantenimiento  
 - Control logístico del proyecto

Figura 102. Las 7 dimensiones que el BIM ofrece.

<b>DXF</b>	<b>gbXML</b>	<b>ifcXML</b>
<i>Drawing Exchange Format</i>	<i>Green Building extensible markup language</i>	<i>Industry Foundation Classes</i>
- Geometry (2d/3d) - Layers Materials*	- Building Type - Building Location - Geometry - Orientation - Area - Volume - Openings Location & Size (windows/doors) - Lighting, Electrical & - Occupancy Loads* - Space Type* - Condition Type* - HVAC Heating & Cooling Setpoints* - Outside Air* - Materials**	- Full geometric description in 3D - Object location and relationships - Properties (or parameters) of each object. - Structural, mechanical and energy analysis applications. - IfcSpaces

\* se traspasan cuando son agregados a los modelos Revit MEP.  
 \*\* depende del software BPS de destino (por ejemplo Ecotect si reconoce Materiales, pero Revit Architecture no los exporta correctamente)

Figura 103. Tabla con la información almacenada en gbXML.

Zona CTE	< 200	200 a 400	400 a 600	600 a 800	800 a 1000	> 1000	Alt Ref.
Albacete	D3	D2	E1	E1	E1	E1	677
Alicante	B4	C3	C1	D1	D1	E1	7
Almería	A4	B3	B3	C1	C1	D1	0
Avila	E1	E1	E1	E1	E1	E1	1054
Badajoz	C4	C3	D1	D1	E1	E1	168
Barcelona	C2	C1	D1	D1	E1	E1	1
Bilbao	C1	D1	D1	E1	E1	E1	214
Burgos	E1	E1	E1	E1	E1	E1	861
Cádiz	A3	B3	B3	C1	C1	D1	0
Castellón	B3	C2	C1	D1	D1	E1	18
Ciudad Real	D3	D2	E1	E1	E1	E1	630
Córdoba	B4	C3	C2	D1	D1	E1	113
Cuenca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	975
Girona	C2	D1	D1	E1	E1	E1	
Granada	C3	D2	D1	E1	E1	E1	754
Guadalajara	D3	D1	E1	E1	E1	E1	708
Huelva	B4	B3	C1	C1	D1	D1	50
Huesca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	432
Jaén	C4	C3	D2	D1	E1	E1	436
La Coruña	C1	C1	D1	D1	E1	E1	0
Las Palmas	A3	A3	A3	A3	B3	B3	114
León	E1	E1	E1	E1	E1	E1	346
Lleida	D3	D2	E1	E1	E1	E1	131
Logroño	D2	D1	E1	E1	E1	E1	379
Lugo	D1	E1	E1	E1	E1	E1	412
Madrid	D3	D1	E1	E1	E1	E1	589
Málaga	A3	B3	C1	C1	D1	D1	0
Murcia	B3	C2	C1	D1	D1	D1	25
Ourense	C2	D1	E1	E1	E1	E1	327
Oviedo	C1	D1	D1	E1	E1	E1	214
Palencia	D1	E1	E1	E1	E1	E1	722
Palma Mallorca	B3	B3	C1	C1	D1	D1	1
Pamplona	D1	E1	E1	E1	E1	E1	456
Pontevedra	C1	C1	D1	D1	E1	E1	77
Salamanca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	770
San Sebastián	C1	D1	D1	E1	E1	E1	5
Santa Cruz	A3	A3	A3	A3	B3	B3	0
Santander	C1	C1	D1	D1	E1	E1	1
Segovia	D2	E1	E1	E1	E1	E1	1013
Sevilla	B4	B3	C2	C1	D1	E1	9
Soria	E1	E1	E1	E1	E1	E1	984
Tarragona	B3	C2	C1	D1	D1	E1	1
Teruel	D2	E1	E1	E1	E1	E1	995
Toledo	C4	D3	D2	E1	E1	E1	445
Valencia	B3	C2	C1	D1	D1	E1	8
Valladolid	D2	E1	E1	E1	E1	E1	704
Vitoria	D1	E1	E1	E1	E1	E1	512
Zamora	D2	E1	E1	E1	E1	E1	617
Zaragoza	D3	D2	D2	E1	E1	E1	207

Figura 104. Tabla de las Zonas Climáticas del CTE.

**INFORMACIÓN DEL APARTADO 5D.**

		Wh/m2mes											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Enfriamiento Total					-35,94	-769,9	-2458,95	-3145,32	-2275,64			
<b>Inicial</b>	Calentamiento Total	8741,66	6195,46	4909,46	3563,59	1960,8	13,78		65,43	4630,94	8245,48		
	Enfriamiento Total					-474,69	-1515,63	-1862,58	-1200,04				
<b>HIP 1</b>	Calentamiento Total	7043,12	5200,54	4194,65	2926,67	1566,11	7,58		147,78	3827,02	6614,48		
	Enfriamiento Total					-482,7	-1530,82	-1881,49	-1209,59				
<b>HIP 2</b>	Calentamiento Total	6892,49	5077,83	4081,46	2842,15	1514,88	4,29		128,9	3725	6474,61		
	Enfriamiento Total					-474,63	-1514,5	-1862,03	-1199,88				
<b>HIP 3</b>	Calentamiento Total	7023,11	5184,19	4179,63	2915,9	1559,81	7,12		145,27	3813,62	6596,19		
	Enfriamiento Total					-464,37	-1462,99	-1800,63	-1162,29				
<b>HIP 4</b>	Calentamiento Total	6696,74	4945,72	3988,82	2775,71	1489,32	5,42		133,21	3626,3	6289,5		

Figura 105. Tabla comparación propuestas mensualmente.

A3.2 CATÁLOGO DE PROPUESTAS

	MARCO	U (W/m2K)	VIDRIO	U (W/m2K)	g	Descripción del vidrio
HIPÓTESIS 1	Aluminio RPT>12	3,1	Doble	1,3	0,43	6 16(aire) 4 : CLIMALIT PLUS + PLANITHERM 42 (catálogo)
HIPÓTESIS 2	PVC 3 cámaras	1,3	Doble	1,3	0,43	6 12(aire) 4 12(aire) 4 : COOL LITE SKN + PLANITHERM (a medida-callum)
HIPÓTESIS 3	Madera pino		Doble	1,3	0,43	
HIPÓTESIS 4	PVC 3 cámaras	1,3	Tripe	0,9	0,35	

Figura 106. Tabla resumen hipótesis.

VIDRIO DOBLE

		ACRISTALAMIENTO	Descripción gráfica	T.L (%)	R.L.ext (%)	R.L.int (%)	Abs. (%)	U (W/K·m²)	g EN410	
ACRISTALAMIENTO EXTERIOR	BAJO EMISIVO	(A.T.R.)	sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM XN 6(16 air)4		81	12	11	14	1,4	0,61
			sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM SUPERS 6(16 air)4		61	13	18	28	1,4	0,44
		CONTROL SOLAR	sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S 6(16 air)4		65	27	24	17	1,3	0,43
			sgg CLIMALIT PLUS con PLANISTAR ONE 6(16 air)4		72	14	15	28	1,3	0,38
		ALTA SELECTIVIDAD	sgg CLIMALIT PLUS con COOL-LITE SKN174 6(16 air)4		69	11	13	29	1,4	0,41
			sgg CLIMALIT PLUS con COOL-LITE XTREME 60/28 6(16 air)4		60	14	17	31	1,3	0,28
	BAJO EMISIVO	(A.T.R.)	sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM XN 6(16 air)44.1		80	11	11	14	1,3	0,61
			sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM SUPER S 6(16 air)44.1		60	13	18	28	1,3	0,44
		CONTROL SOLAR	sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S 6(16 air)44.1		64	27	23	17	1,3	0,42
			sgg CLIMALIT PLUS con PLANISTAR ONE 6(16 air)44.1		70	14	15	28	1,3	0,38
		ALTA SELECTIVIDAD	sgg CLIMALIT PLUS con COOL-LITE SKN174 6(16 air)44.1		68	11	13	29	1,4	0,41
			sgg CLIMALIT PLUS con COOL-LITE XTREME 60/28 6(16 air)44.1		59	14	17	31	1,3	0,28
BAJO EMISIVO	(A.T.R.)	sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM XN 66.1Si(16 air)44.1Si		78	11	11	25	1,3	0,56	
		sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM SUPER S 66.1Si(16 air)44.1Si		59	12	18	39	1,3	0,41	
	CONTROL SOLAR	sgg CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S 66.1Si(16 air)44.1Si		63	26	23	30	1,3	0,39	
		sgg CLIMALIT PLUS con PLANISTAR ONE 66.1Si(16 air)44.1Si		69	13	15	39	1,3	0,36	
	ALTA SELECT.	sgg CLIMALIT PLUS con COOL-LITE SKN174 66.1Si(16 air)44.1Si		66	10	13	40	1,3	0,39	
		sgg CLIMALIT PLUS con COOL-LITE XTREME 60/28 66.1Si(16 air)44.1Si		58	14	17	43	1,3	0,27	

Si se disponen vidrios laminados con 2 o más PVB puede alcanzarse el máximo nivel de seguridad de uso para este tipo de vidrios. Nivel 1B1 según norma UNE EN 12600, alcanzando Nivel Antiagresión P2A según Norma UNE EN 346. Algunos de los vidrios descritos pueden fabricarse sobre sustrato extra claro SGG DIAMANT. Consultar existencia y disponibilidad comercial. s responsabilidad del usuario verificar que la combinación de vidrios es apta para la aplicación y el uso previsto y cumple con las exigencias reglamentarias que le sean exigibles a nivel nacional, autonómico o local. ant-Gobain Cristalera se reserva el derecho de modificación de los datos incluidos en esta tabla sin previo aviso, por razones técnicas o comerciales.

rev.160202.FRJ

VIDRIO TRIPLE

Figura 107. Tabla Catálogo Saint Gobain.

Figura 108. Desglose vidrio triple aplicación.

## MARCO ALUMINIO

INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.

e-mail: [zaragoza@itc.es](mailto:zaragoza@itc.es)

**Número de informe:** Z-1273/06  
**Cliente:** EXPRAL, S. A.  
**Material ensayado:** Ventana abisagrada dos hojas dcha., eje vertical, aluminio lacado blanco, de 1200 x 1200 mm  
**Referencia según cliente:** Serie AR-25/1  
**Obra:**  
**Toma de Muestra:** Presentada en laboratorio  
**Fecha de Recepción:** 2006-03-08  
**Sección de perfiles:** Se adjunta sección de perfiles  
**Periodo de acondicionamiento:** > 4 horas  
**Fecha comienzo de ensayo:** 2006-03-09  
**Fecha final de ensayo:** 2006-03-09

**Normas aplicadas:**  
UNE-EN 1026:2000      UNE-EN 12207:2000  
UNE-EN 1027:2000      UNE-EN 12208:2000  
UNE-EN 12211:2000      UNE-EN 12210:2000

**Resultados obtenidos:**  
(El desarrollo de los resultados figuran en las páginas anexas)

Ensayos realizados	Clasificación obtenida
Permeabilidad al aire	Clase 4
Estanqueidad al agua	Clase E1500A
Permeabilidad al aire (2ª)	Clase 4
Resistencia al viento	Clase C5

**Observaciones:**

Vº Bº

  
FCO. JAVIER PÉREZ VARELA  
Director de Delegación



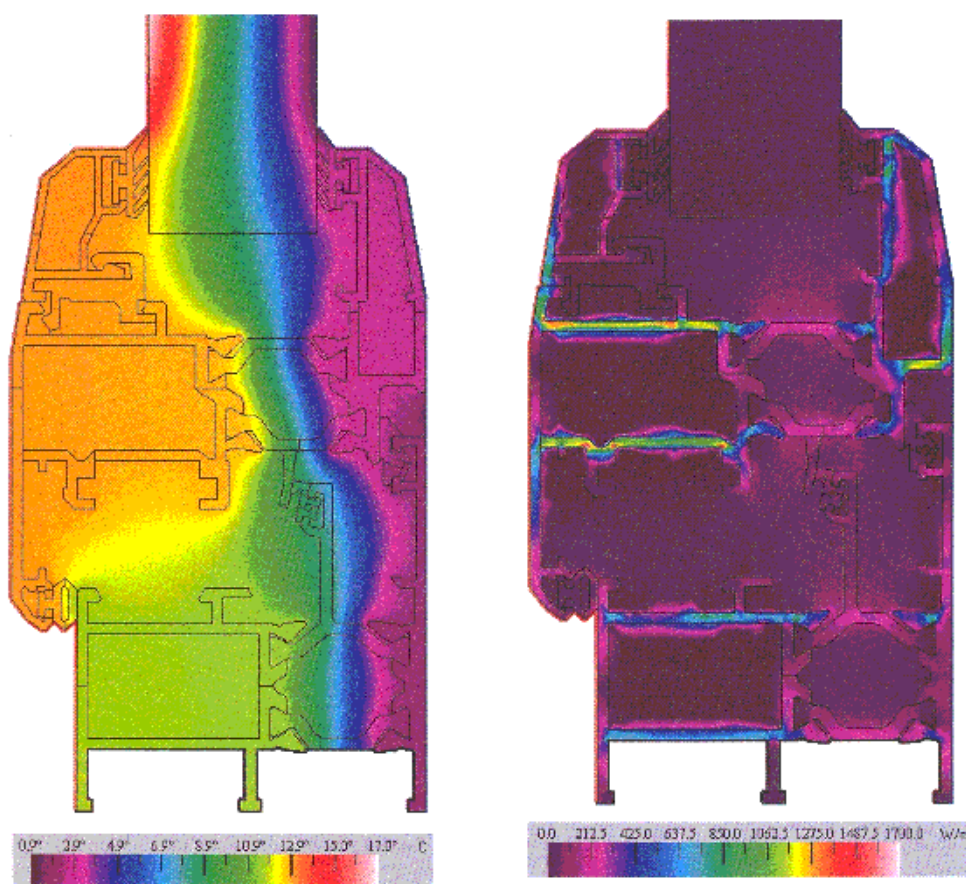
UTEBO (Zaragoza), a 20 de Marzo de 2006

  
JOSE ANTONIO TARANCON MUÑOZ  
Director Departamento de Materiales

## 4. Resultados

- AR25-50

$L_f^{2D}$ (W/mK)	$U_p$ (W/m <sup>2</sup> K)	$b_p$ (m)	$b_r$ (m)	$U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)
1,81	1,17	0,200	0,099	<b>3,1</b>



**Fig. 1:** Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

Figura 109. Ficha técnica marco aluminio.

## MARCO PVC

### El perfil



Perfiles con un mínimo de 70 mm de profundidad y hasta 6 cámaras de aislamiento en su hoja semienrasada. Puede alojar vidrios especiales y de gran espesor. Galce inclinado para mejor evacuación y cierre hermético de doble junta.

### Características de las ventanas con EuroFutur Elegance

Las ventanas fabricadas con este sistema incorporan los últimos avances en ingeniería de perfiles para conseguir los máximos niveles de aislamiento y resistencia. EuroFutur Elegance es la última generación de perfiles KOMMERLING y sus prestaciones superan los niveles conocidos hasta ahora. Pero EuroFutur Elegance no sólo destaca por sus características técnicas sino también por su depurada estética de suaves formas. Cuenta con una extensa variedad de marcos, hojas y accesorios ofreciendo soluciones para todos los estilos y dando un toque de distinción a cualquier ambiente.



### Valores de ensayo

Ventana de dos hojas de 1230 x 1480 con Vidrio Bajo Emisivo 6/16/4

Transmitancia térmica: 1,3 W/m<sup>2</sup>K  
Atenuación Acústica: 35 dB

### Aislamiento térmico



### Aislamiento acústico

### Formas de apertura

#### Aislamiento Térmico

- El valor U de transmitancia térmica del perfil EuroFutur Elegance es de 1'3W/m<sup>2</sup>K.
- El valor U de transmitancia térmica de una ventana con EuroFutur Elegance combinada con vidrios especiales puede llegar a alcanzar un valor U de 0,8W/m<sup>2</sup>K.

Con este nivel de transmitancia se pueden conseguir una reducción de las pérdidas energéticas de un 70% pudiendo reducir hasta en 40% la demanda de energía de una vivienda.

Figura 110. Ficha técnica marcoPVC.



### A3.3 FOTOGRAFÍAS



Figura 111. Fotografías propias.



# ÍNDICE DE FIGURAS

# 09 ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 01.** Fuente: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. «Resultados encuesta BIM», 2016, 2. <http://www.cscae.com>.

**Figura 02.** Fuente: <https://www.cice.es/noticia/landing-blog/bim-obligatorio-espana-2018/>

**Figura 03.** Fuente: <http://www.steengipharm.com/news>

**Figura 04.** Fuente: <http://www.gruptba.com/imasd.php>

**Figura 05.** Fuente: Lobos, Danny, Lorena Silva Castillo, y Gerth Wandersleben. «Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile». *SIGraDI*, 2013.

**Figura 06.** Fuente: <http://www.gbxml.org/>

**Figura 07.** Fuente: Lobos, Danny, Lorena Silva Castillo, y Gerth Wandersleben. «Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile». *SIGraDI*, 2013.

**Figura 08.** Fuente: Bambó Naya, Raimundo. «El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña». *Revista Europea de Investigación en Arquitectura*, Nº 4 (2015): 37-54. <http://reia.es/REIA403RBN.pdf>.

**Figura 09.** Fuente: Bambó Naya, Raimundo. «El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña». *Revista Europea de Investigación en Arquitectura*, Nº 4 (2015): 37-54. <http://reia.es/REIA403RBN.pdf>.

**Figura 10.** Fuente: Bambó Naya, Raimundo. «El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña». *Revista Europea de Investigación en Arquitectura*, Nº 4 (2015): 37-54. <http://reia.es/REIA403RBN.pdf>.

**Figura 11.** Fuente: Bambó Naya, Raimundo. «El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña». *Revista Europea de Investigación en Arquitectura*, Nº 4 (2015): 37-54. <http://reia.es/REIA403RBN.pdf>.

**Figura 12.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14.** Fuente: Documento Básico HE Ahorro Energía. Sección HE1. Limitación de la demanda energética. Tabla 2.3.

**Figura 15.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 17.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 18.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 19.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 20.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 21.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 22.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 23.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 24.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 25.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 26.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 27.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 28.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 29.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 30.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 31.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 32.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 33.** Fuente: Elaboración propia.

- Figura 34.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 35.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 36.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 37.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 38.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 39.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 40.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 41.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 42.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.
- Figura 43.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 44.** Fuente: <http://www.geoscopio.com/empresas/aipex/tabla.pdf>
- Figura 45.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 46.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 47.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 48.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 49.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 50.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 51.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 52.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 53.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 54.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 55.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 56.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 57.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 58.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 59.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 60.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 61.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 62.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 63.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 64.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 65.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 66.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Calumen II.
- Figura 67.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 68.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 69.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 70.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 71.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 72.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 73.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 74.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 75.** Fuente: Elaboración propia.
- Figura 76.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.
- Figura 77.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 78.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 79.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 80.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 81.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 82.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 83.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 84.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 85.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 86.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 87.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 88.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Revit.

**Figura 89.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 90.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 91.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 92.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 93.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 94.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 95.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Design Builder.

**Figura 96.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 97.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 98.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 99.** Fuente: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. «Resultados encuesta BIM», 2016, 2. <http://www.cscae.com>.

**Figura 100.** Fuente: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. «Resultados encuesta BIM», 2016, 2. <http://www.cscae.com>.

**Figura 101.** Fuente: <https://www.cice.es/noticia/landing-blog/bim-obligatorio-espana-2018/>

**Figura 102.** Fuente: <https://ivanmatias.com/2016/03/30/terminos-usados-en-bim/>

**Figura 103.** Fuente: Lobos, Danny, Lorena Silva Castillo, y Gerth Wandersleben. «Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile». *SIGraDI*, 2013.

**Figura 104.** Fuente: <http://www.geoscopio.com/empresas/aipex/tabla.pdf>

**Figura 105.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 106.** Fuente: Elaboración propia.

**Figura 107.** Fuente: <https://www.saint-gobain.es/>

**Figura 108.** Fuente: Elaboración propia. Captura de Calumen II.

**Figura 109.** Fuente: <http://www.carpinteriametalicallamas.es/15.html>

**Figura 110.** Fuente: <http://www.kommerling.es/ventanas/abatibles/eurofuturelegance>

**Figura 110.** Fuente: Fotografías propias.





**Título.**

El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente.

**Autora.**

Irene Lavilla Valiente

**Directoras.**

Almudena Espinosa Fernández

Belinda López Mesa

**Ponente.**

Octavio Cabello

**Colaboraciones internas.**

Cristina Cabello Matud

Jorge Ruberte Bailo

Trabajo de Fin de Grado en Arquitectura.

Universidad de Zaragoza.

Septiembre 2017



1542

**Universidad**  
**Zaragoza**