

## HERRAMIENTA DE INTERCAMBIO DE DATOS ENTRE SOFTWARE DE MODELADO BIM Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA

**Chorro-Domínguez, Francisco Javier<sup>a</sup>; García-Dópidio, Inmaculada<sup>a</sup>; Marín-Miranda, María José<sup>a</sup> y Martín-Castizo, Manuel<sup>a</sup>;**

<sup>a</sup> Instituto tecnológico de rocas ornamentales y materiales de construcción (Intromac) – Departamento de tecnologías y construcción sostenible, Cáceres (España), fjchorro@unex.es.

---

### Abstract

*Currently, there are several energy simulation programs that have been officially recognized by Spanish government. In order to test the energy demand, it would be necessary to know in detail the geometric and building information of the project.*

*On the other hand, the global standard used in Building Information Modeling (BIM) is Industry Foundation Classes (IFC). Indeed, it has been designed for data exchange in the building field. But during process, the official programs are not able to completely understand non-geometric information, losing data during the exchange.*

*Consequently, this work provides a complementary tool for the energy simulation programs which include the non-geometric information. Autodesk Revit is has been used as a BIM modelling program. The developed tool provides a set of Python classification algorithms associated with the layers of the envelope building and its orientation. This information is obtained from the physical and thermal data of the materials in the BIM model and is composed by the necessary information for the officially energy simulation programs.*

*The proposed system provides the transmittance results for each element according to established techniques in the official Spanish regulations. This data set is reported in the program's interface and in the external report.*

**Keywords:** BIM, energy efficiency, CTE, Python, Revit.

---

### Resumen

*En la actualidad existen diversos programas de simulación energética reconocidos oficialmente que precisan información geométrica y constructiva para el estudio de la demanda energética.*

*El sistema de intercambio de datos a los programas de simulación energética desde un software de modelado Building Information Modeling (BIM) se realiza comúnmente a través del estándar más utilizado Industry Foundation Classes (IFC). Este proceso presenta problemas en la integración de la información no geométrica perdiéndose datos durante el intercambio.*

*Este trabajo proporciona una herramienta complementaria de intercambio de información no geométrica para los programas de simulación energética vigentes. A partir de los datos físicos y térmicos de los materiales del modelo BIM se realiza una clasificación mediante Python asociada a cada una de las capas de la envolvente y a su orientación. Esta herramienta extrae la información necesaria para los programas oficiales de simulación energética y se realiza dentro del propio programa de modelado BIM, en este caso Autodesk Revit. El complemento realiza los cálculos de la transmitancia de cada uno de los elementos según los métodos establecidos en la normativa existente, ofreciendo la salida de datos tanto en la propia interfaz del programa como en una hoja de datos externa.*

**Palabras clave:** BIM, demanda energética, normativa, CTE, Python, Revit.

## Introducción

En los últimos años, la irrupción de nuevas tecnologías ha supuesto un desarrollo importante en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC). El concepto de “Building Information Modeling” (BIM) ha sido una revolución para el diseño y la gestión de proyectos de arquitectura, al permitir el trabajo colaborativo entre los distintos agentes que intervienen en el proceso constructivo, así como la integración en un modelo tridimensional no sólo de información geométrica (3D), sino de información relacionada con tiempos (4D), costes (5D), sostenibilidad (6D) y mantenimiento (7D) (Bryde, Broquetas, & Volm, 2013).

Para integrar esta información adicional en un modelo geométrico, los principales softwares de modelado BIM disponen de complementos. En el caso del análisis energético de los edificios (6D), las herramientas Green Building Studio de la casa Autodesk para el programa Revit, o VIP-CORE de ArchiCad permiten realizar simulaciones energéticas.

Estas herramientas de análisis energético no han sido reconocidas oficialmente como métodos de cálculo para la certificación energética de edificios en España, al no adaptarse a los requisitos y procedimientos de cálculo que establece el Código Técnico de la Edificación. Actualmente, para realizar una simulación energética en base a la legislación vigente existen diferentes programas reconocidos (Gobierno de España, Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020) entre los que se encuentran CE3X, la herramienta unificada Lider-Calener (HULC), Cypetherm HE Plus y SG Save.

La integración de la eficiencia energética dentro de la metodología BIM adaptada a la normativa estatal, supone la necesidad de intercambio de información entre los programas de modelado y los reconocidos de manera oficial para la simulación energética de los edificios. El estándar para el intercambio de información entre distintas plataformas BIM se realiza a través del formato IFC “Industry Foundation Classes” (Alcides Jacoski & Machado Hoffmeister, 2018), que permite la inclusión de información geométrica y no geométrica con el fin de proporcionar coordinación entre los modelos de construcción y reutilización de datos para análisis y simulaciones (Thein, 2011).

No obstante, la transferencia de datos utilizando este estándar supone, en muchas ocasiones, pérdidas de información que dificultan la adecuada interoperabilidad entre los programas, debido a la incompatibilidad con este formato o a la pérdida de información durante el intercambio, suponiendo un incremento del tiempo de ejecución de los proyectos (Costa, Margalef, & Valderrama, 2015).

Esta investigación, basándose en los problemas actuales de interoperabilidad entre las distintas plataformas de modelado BIM y los software de simulación energética y, con el fin de solventar las pérdidas de información producidas durante el proceso de intercambio de datos, desarrolla un complemento integrado en el entorno de Autodesk Revit, por ser uno de los software de modelado BIM más implantados en el mercado (G. Gómez Muñoz, 2017), que extrae los parámetros necesarios del modelo para facilitar su introducción en los programas de simulación energética reconocidos.

### 1. Metodología

La metodología desarrollada permite extraer del modelo BIM los parámetros necesarios para la realización de la simulación energética con los programas oficialmente reconocidos, facilitando el intercambio de información entre el software de modelado Autodesk Revit y estos programas, permitiendo coordinar la información entre las distintas herramientas para evitar errores y duplicidades.

Mediante el uso de herramientas de programación se obtienen, de forma automática y ordenada, tanto los datos generales y arquitectónicos como los parámetros constructivos de la envolvente térmica del edificio del modelo BIM, ofreciendo un método simplificado para la introducción de estos datos en las herramientas de certificación energética.

### 1.1. Datos requeridos por los softwares oficialmente reconocidos

Los programas de simulación energética determinan la demanda del edificio objeto de estudio y lo califican respecto a unos valores límite establecidos en el Documento Básico HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.

Para el cálculo de la demanda tal y como se establece en la normativa, se precisan una serie de parámetros para la definición constructiva de los elementos de la envolvente térmica. En el caso de los cerramientos opacos es necesario conocer la densidad ( $\rho$ ) y el calor específico ( $C_p$ ), así como los valores de espesor ( $e$ ) y conductividad térmica ( $\lambda$ ) de cada una de las capas que lo componen para obtener los valores de resistencia térmica ( $R$ ) y transmitancia ( $U$ ). Para la parte semitransparente, se requieren los parámetros de transmitancia del acristalamiento ( $U_{H,v}$ ) y del marco ( $U_{H,m}$ ), factor solar del acristalamiento ( $g_{\pm}$ ), absorptividad del marco ( $\alpha$ ), corrector del factor solar, corrector de la transmitancia para elementos de protección y permeabilidad al aire de las carpinterías.

La comparación de la demanda calculada con la demanda límite del edificio de referencia requiere de una serie de datos generales y funcionales tales como tipo de obra, ubicación y tipo de edificio, así como los parámetros geométricos de forma, dimensiones y orientación para los cerramientos opacos y, en el caso de los huecos, además de lo anterior, retranqueos, voladizos, salientes laterales y elementos de control solar.

En la tabla 1 se indican los principales parámetros requeridos por los softwares reconocidos oficialmente de mayor difusión -CE3X, HULC, Cypetherm y SG Save-, donde se aprecian las principales diferencias en la entrada de datos entre el procedimiento simplificado de CE3X frente al resto de programas que incluyen un modelado de la geometría.

Tabla 1. Listado de parámetros necesarios a utilizar en herramientas oficiales de cálculo energético. Fuente: Elaboración propia (2020)

Parámetros (datos generales y edificio)	CE3X	HULC	Cypetherm	SG Save	Parámetros (elementos constructivos)	CE3X	HULC	Cypetherm	SG Save
Tipo de obra					Superficie (fachadas, tabiquería, suelos, forjados entre pisos, cubiertas)				
Uso del edificio					Orientación (fachadas, huecos)				
Situación del edificio					Espesor (fachadas, tabiquería, suelos, forjados entre pisos, cubiertas)				
Altitud/Latitud/Longitud					Densidad (fachadas, tabiquería, suelos, forjado entre pisos, cubiertas)				
Orientación del edificio					Calor específico (fachadas, tabiquería, suelos con contacto con el terreno, forjados entre pisos, cubiertas)				
Superficie útil habitable					Transmitancia térmica (fachadas, tabiquería, suelos, forjado entre pisos, cubiertas, huecos)				
Altura libre de planta					Masa/m <sup>2</sup> (fachadas, suelos con contacto con el aire exterior, forjados entre pisos, cubiertas)				
Número de plantas habitables					Coefficiente de absorción (huecos)				

### 1.2. Extracción de datos para el estudio energético de modelos BIM

A partir del análisis de los datos de entrada descritos en la tabla 1, se determinan los parámetros que se han de extraer del software de modelado BIM, clasificándolos en datos generales, parámetros para la definición del edificio y parámetros relacionados con los elementos constructivos.

Para la extracción de estos datos es preciso establecer procedimientos específicos en función de la disponibilidad de éstos dentro del modelo, teniendo en cuenta que algunos están disponibles de forma directa en el software, otros han de ser procesados para su obtención e incluso existen parámetros que no están contemplados de forma nativa. Además, con el fin de unificar los datos de salida del modelo BIM con las entradas en los programas de simulación energética se determinan las unidades asociadas a cada uno de esos parámetros (tabla 2).

Tabla 2. Listado de parámetros de la nueva herramienta de intercambio. Fuente: Elaboración propia (2020)

Parámetros	Unidades	Programa
<b>Datos Generales</b>		
Tipo de obra	-	CYPE/SG SAVE
Uso del edificio	-	CE3X/HULC/CYPE/SG SAVE
Comunidad Autónoma/Provincia/Municipio	-	CE3X/HULC/CYPE/SG SAVE
Altitud/Latitud/Longitud	m/º/º	CYPE
<b>Definición de edificio</b>		
Orientación del edificio	N,S,E,W,NW,NE,SW,SE	HULC/CYPE
Superficie útil habitable	m <sup>2</sup>	CE3X
Altura libre de planta	m	CE3X/SG SAVE
Número de plantas habitables	-	CE3X
<b>Elementos Constructivos</b>		
<b>Fachadas/Suelos/Cubiertas</b>		
Superficie	m <sup>2</sup>	CE3X/HULC/SG SAVE
Orientación	N,S,E,W,NW,NE,SW,SE	CE3X/HULC/CYPE/SG SAVE
Espesor	cm	HULC/CYPE/SG SAVE
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	HULC/CYPE/SG SAVE
Conductividad térmica	W/m·k	CE3X/HULC/CYPE/SG SAVE
Calor específico	J/kg·°C	HULC/CYPE/SG SAVE
Transmitancia térmica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	CE3X/HULC/CYPE/SG SAVE
Masa/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	CE3X/HULC/SG SAVE
Coefficiente de absorción	-	HULC/CYPE/SG SAVE

El acceso a estos datos hace necesario el uso de herramientas adicionales integrables en el programa de modelado. En el caso de Revit, el complemento Dynamo permite interactuar con el software añadiendo funcionalidades adicionales a las establecidas por defecto, no obstante, sigue sin permitir el acceso y la operación con numerosos valores, necesarios en los programas reconocidos para la certificación energética.

El lenguaje de programación Python, caracterizado por ser un lenguaje de código abierto orientado a objetos, siendo utilizado principalmente en aplicaciones de Big Data e inteligencia artificial, puede integrarse en Autodesk Revit mediante la herramienta Dynamo, lo que ha permitido el desarrollo de un complemento para extraer tanto los datos generales y de definición del edificio, como los datos constructivos de los distintos elementos que conforman la envolvente térmica.

### 1.2.1. Datos generales y definición del edificio

Los datos generales y de definición del edificio son parámetros que el usuario introduce al comienzo del proyecto no siendo precisa la misma información para todos los programas de certificación energética, como puede observarse en la tabla 2. La herramienta desarrollada clasifica toda la información demandada a partir de los datos introducidos en el propio modelo, permitiendo una consulta unificada sin necesidad de

realización de consultas externas. Para ello, se ha desarrollado un algoritmo que, a partir de los datos introducidos por el usuario en una tabla de planificación creada para este fin, incluye el contenido de dicha tabla en los datos generales asociados al proyecto dentro de la estructura establecida por Autodesk Revit. Este proceso queda indicado de forma esquemática en la tabla 3.

Tabla 3. Pseudocódigo de la estructura desarrollada para los datos generales. Fuente: Elaboración propia (2020)

---

```
1. Entradas: Datos_Generales(1...n)].
2. Lectura de datos de entrada:
datos_Generales.GetTabData[1...n], PT.GetSectionData[1...n]
3. Asociación a la estructura interna del
programa(GeneralInformation):
Collector =
FilteredElementCollector(doc).GeneralInformation[1...n]
4. Asociación de nuevos parámetros a la estructura interna [1...n]:
for i in range (0,n):
collector[i]=datos_generales [i]
5. Salida: collector.nombredelproyecto, collector.orientacion,
collector.dirección, collector.fecha, collector.tipodeobra ...
```

---

Al mismo tiempo, la herramienta exporta esta información a una hoja de cálculo, generándose de forma automática un documento con los datos de generales para su posterior utilización en otros procesos.

### 1.2.2. Datos constructivos

El modelo de un edificio en metodología BIM permite incluir toda la información constructiva de los elementos que lo componen, comprendiendo tanto la información geométrica como la asociada a los materiales empleados. No obstante, el acceso a los parámetros asociados a estos elementos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) para su traslado a los programas de eficiencia energética, resulta un proceso largo y tedioso.

Para obtener estos datos es preciso, a partir de la selección del elemento constructivo, acceder a las propiedades de tipo, a continuación, a la estructura interna para, posteriormente, analizar cada una de las capas disponibles (figura 1). Este proceso debe repetirse con cada uno de los elementos del modelo para poder completar la información requerida por los programas de eficiencia energética.

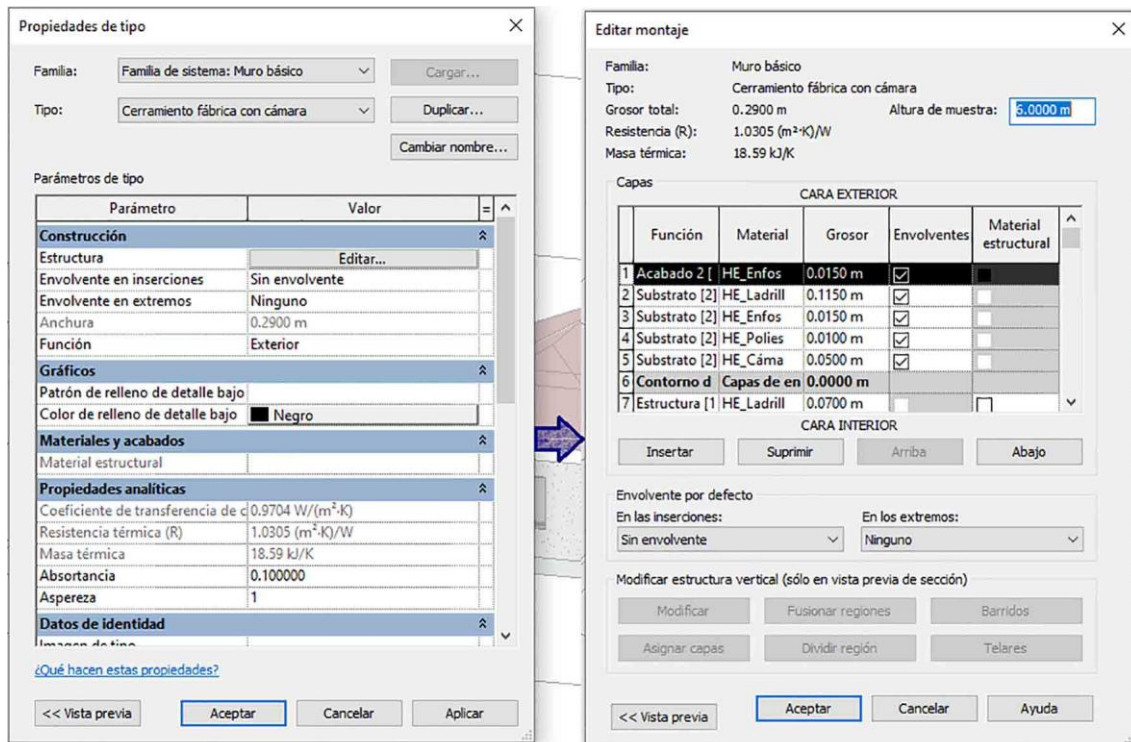


Fig. 1 Acceso a las capas del modelo. Fuente: Propia (2020)

Para simplificar este proceso, la herramienta propuesta desarrolla un sistema automatizado que realiza estas operaciones con un tiempo óptimo de ejecución y una salida organizada de los datos.

Con el fin de proporcionar una explicación organizada de las pautas llevadas a cabo en el algoritmo desarrollado se muestran todos los pasos y estructuras en el pseudocódigo de la tabla 4. Los tiempos de ejecución también han sido incluidos en la herramienta con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la misma.

Tabla 4. Pseudocódigo de la estructura desarrollada para datos constructivos. Fuente: Elaboración propia (2020)

1. Entradas: Autodesk Revit Parámetro Tipo (PT[1...n]), Autodesk Revit Parámetro Función (PF[1...n]).
2. Lectura de datos de entrada: PT.GetSectionData[1...n], PT.GetSectionData[1...n]
3. Asociación a propiedades de tipo: LY = PT.GetCompoundStructure[1...n]
4. Asociación de materiales de capa(LY) dentro de cada uno de los datos de entrada [1...n]:
 

```

            for j in range (0,len(PT)):
                for i in range (0,len(LY)):
                    capas=j.capas[i],
                    conductividad= j.conductividad[i],
                    densidad = j.densidad[i]
                    calorespecifico = j.calorespecifico[i]
                    anchura = j.anchura[i]
                    masa =  $\sum_{i=0}^{len(LY)}$  densidad[i] * anchura[i]
            
```
5. Salida: PT [1...n].masa, PT [1...n].conductividad[1... LY], PT [1...n].densidad[1... LY], PT [1...n].calorespecifico[1... LY], PT [1...n].anchura[1... LY]

Estos algoritmos específicos han sido programados en lenguaje Python, integrándose en Revit mediante la herramienta Dynamo.

## 2. Resultados experimentales

### 2.1. Requisitos del sistema

Para la realización de las pruebas experimentales y, con el fin de evaluar el sistema desarrollado, se ha utilizado un entorno hardware compuesto por un procesador AMD Ryzen 3 2200G con Radeon Vega Graphics 3.50 GHz y 8.00 GB de memoria RAM.

Para el desarrollo se han utilizado las versiones 2019 y 2020 de Autodesk Revit como programa de modelado. Los algoritmos han sido desarrollados en el lenguaje de programación Python en la plataforma de desarrollo Dynamo, en su versión 2.0.3, siendo compatible con todas las posteriores a esta.

### 2.2. Modelo caso de estudio

El edificio objeto es una vivienda unifamiliar de una planta de altura compuesta por dos núcleos principales, contando con cerramientos de fábrica de ladrillo, aislamiento, cámara de aire y hoja interior cerámica, con revestimiento exterior de mortero de cemento e interior de yeso. Los suelos están compuestos por una solera de hormigón sobre encachado de grava, aislamiento, cama de arena, pasta de agarre y pavimento cerámico. Cuenta con cubiertas planas invertidas sobre losa de hormigón y revestimiento cerámico. En el caso de las carpinterías, se han dispuesto aperturas correderas y abatibles, con marcos de aluminio y vidrios con cámara (figuras 2 y 3).

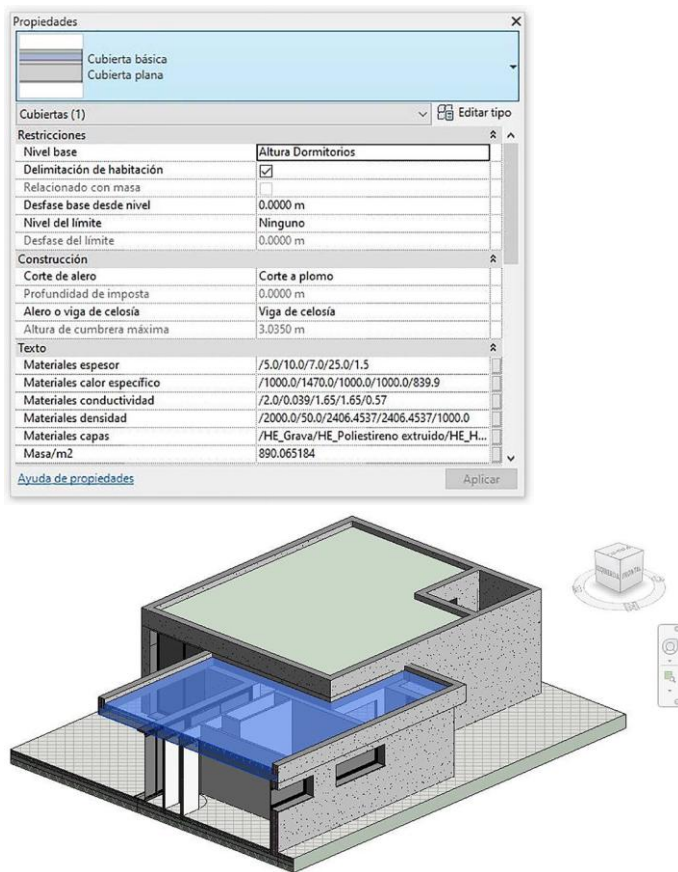


Fig. 2 y 3. Modelo BIM. Fuente: Propia (2020)

Para definir los sistemas constructivos de la envolvente del edificio se han aplicado a los materiales empleados los parámetros físicos y térmicos recogidos en el catálogo de elementos constructivos del CTE, publicados por el ministerio de vivienda y redactado por el Instituto Eduardo Torroja, de forma que los valores sean equivalentes a los empleados por los programas reconocidos para determinación de la

demanda energética de los edificios, para lo cual se ha creado un biblioteca de materiales con dichos parámetros (figura 4).

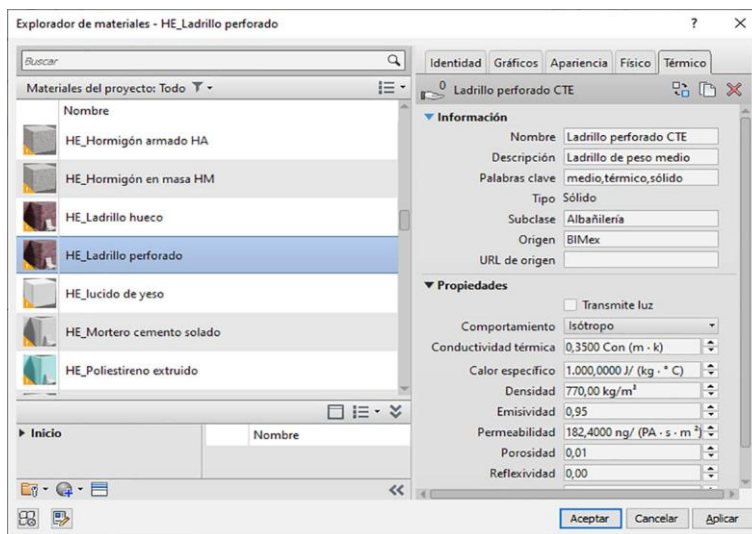


Fig. 4. Biblioteca materiales adaptada CTE. Fuente: Propia (2020)

Los métodos de cálculo de las transmitancias de cada elemento se han adaptado igualmente a los recogidos en la normativa, desarrollando algoritmos específicos que siguen los procedimientos oficiales, aplicando los valores de resistencia térmica superficial ( $R_{se}$  y  $R_{si}$ ), que no son tenidos en cuenta de forma nativa por el software Revit.

De esta manera, obtenemos un modelo BIM con toda la información tanto general como constructiva, necesaria para la realización de los cálculos de demanda energética de acuerdo con la normativa.

### 2.3. Resultados y análisis

A partir de este modelo BIM, que cuenta tanto con los parámetros generales, como con los constructivos adaptados a la normativa de eficiencia energética, es posible obtener toda la información necesaria para su exportación a programas reconocidos para la calificación energética de edificios.

Estos datos son mostrados dentro del propio software Revit mediante tablas de planificación creadas para tal fin, clasificadas en datos generales y constructivas según su función: muros, cubiertas y suelos.

En la figura 5 se observa la tabla de salida de dato de cubiertas, incluyendo información tanto del elemento como de cada una de las capas que lo componen.

Modelo comprobación.rvt - Tabla de planificación: Datos cubiertas

<Datos cubiertas>							
A	B	H	I	J	K	L	M
Familia y tipo	Espesor	Coefficiente de tran	Cámara de aire	Aislamiento	Área	Resistencia térmica (R)	Masa/m2
Cubierta básica: Cubierta plana	0.49 m	0.3560 W/(m²·K)	No	No	120 m²	2.8094 (m²·K)/W	890.065184
Cubierta básica: Cubierta plana salón	0.45 m	0.5606 W/(m²·K)	No	No	82 m²	1.7837 (m²·K)/W	888.065184

Modelo comprobación.rvt - Tabla de planificación: Datos cubiertas

<Datos cubiertas>						
A	B	C	D	E	F	G
Familia y tipo	Espesor	Materiales espesor	Materiales calor es	Materiales capas	Materiales conducti	Materiales densida
Cubierta básica: Cubierta plana	0.49 m	/5.0/10.0/7.0/25.0/1	/1000.0/1470.0/100	/HE_Grava/HE_Poli	/2.0/0.039/1.65/1.6	/2000.0/50.0/2406
Cubierta básica: Cubierta plana salón	0.45 m	/5.0/6.0/7.0/25.0/1	/1000.0/1470.0/100	/HE_Grava/HE_Poli	/2.0/0.039/1.65/1.6	/2000.0/50.0/2406



Fig. 5 Resultados obtenidos para cubiertas. Fuente: Propia (2020)

Adicionalmente, con el objeto de facilitar el flujo de trabajo entre el software de modelado y los de certificación, se genera de forma automática una hoja de cálculo que permite acceder a todos los datos asociados a los elementos (figura 6).

	A	B	C	D	E
	Material	Anchura (cm)	Densidad (kg/m3)	Conductividad Con (m*k)	Calor Especifico (J/kg*oC)
2	HE_Grava	5	2000	2	1000
3	HE_Poliestireno extruido	10	50	0,039	1470
4	HE_Hormigón en masa HM	7	2406,4537	1,65	1000
5	HE_Hormigón armado HA	25	2406,4537	1,65	1000
6	HE_lucido de yeso	1,5	1000	0,57	839,9

Fig. 6 Parámetros de cubiertas en hoja de cálculo. Fuente: Propia (2020)

Por otro lado, se ha controlado el tiempo de ejecución de la nueva herramienta. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**5 se reportan los tiempos de ejecución en segundos. Los resultados se muestran para las capas de suelo, cubiertas y muros, obteniéndose en todos los casos tiempos inferiores al segundo.

Tabla 5. Tiempo de ejecución de la herramienta desarrollada. Fuente: Elaboración propia (2020)

Capas suelo	Capas cubiertas	Capas muros
0.333 s	0.261 s	0.527 s

### 3. Conclusiones y líneas futuras

En este trabajo se ha desarrollado una nueva herramienta integrable en Autodesk Revit que facilita la extracción de los datos de la envolvente térmica de un modelo BIM para su integración en los diferentes softwares oficiales de certificación energética. Para ello, se han utilizado una serie de algoritmos programados en Python, los cuales ofrecen la posibilidad de extraer esta información.

En este contexto, es importante remarcar que el proceso ofrece un tiempo de ejecución óptimo expresando los datos tanto dentro del sistema de modelado como de forma externa. Esta herramienta tiene la ventaja de extraer toda la información adaptada al Código Técnico de la Edificación de forma automática y visual, sin necesidad de acceder a ningún sub-apartado del programa evitando los errores que puedan ser cometidos durante el proceso.

Como líneas futuras, se dispone de la posibilidad de subdividir la herramienta en base al programa de certificación seleccionado por el usuario, de modo que los valores de salida se adapten específicamente a los datos de entrada solicitados, así como la integración de los algoritmos en un complemento cargable en el software de modelado, al cual pueda accederse a través de un repositorio virtual. Este planteamiento ofrecería un sistema más limpio y concreto para la necesidad real del sistema creado.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y por la Junta de Extremadura en el marco del proyecto VI Plan Regional del Investigación concedido al Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (Intromac) a través del proyecto BIMEx "Herramientas para el desarrollo y mantenimiento de construcciones con metodología BIM en Extremadura con referencia IB 18094.

## Referencias

- ALCIDES JACOSKI, C., & Machado Hoffmeister, L. (2018). "Potential use of bim for automated updating" en *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 35-43.
- BRYDE, D., BROQUETAS, M., & VOLM, J. (2013). "The project benefits of bulding information modelling (BIM)" en *International journal of project management*, 971-980.
- COSTA, G., MARGALEF, A., & VALDERRAMA, J. (2015). "Mejoras para la automatización de procesos en la importación de modelos en IFC" en *Spanish Journal of Bulding Information Modeling*, 10-18.
- GOBIERNO DE ESPAÑA. (2020). *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*. <<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx>> [Consulta: 3 de febrero de 2020]
- THEIN, V. (2011). "Industry foundation classes (IFC). BIM interoperability through a vendor-independent file format" en *Bentley Sustaining Infrastructure*, USA.