
Desarrollo de la aplicación Genera3D para adaptar el software EnergyPlus a prácticas docentes

**Emilio José Sarabia Escriba, Víctor Manuel Soto Francés,
y Jose Manuel Pinazo Ojer**

Dpto. Termodinámica Aplicada, Universitat Politècnica de Valencia, España

Introducción

La eficiencia energética es una materia imprescindible en los planes de estudio actuales. Tanto los estudios de ingeniería (aquellos relacionadas con la construcción) como los estudios de arquitectura tiene asignaturas relacionadas con el ahorro energético. En el caso de la Unviersitat Politècnica de Valencia, existen multitud de asignaturas con estos contenidos:

- Simulación energética de Edificios (2º Máster Ing Industrial).
- Eficiencia Energética en la Edificación (2º Máster Ing Industrial).
- Eficiencia Energética de Edificios (4º Grado Ingeniería Energética).
- Instalaciones de climatización y certificación energética (2º Máster Ing Industrial).
- Optimización del consumo energético (4º Grado Ingeniería Química).
- Auditoría Energética (4º Grado Ingeniería Energética).
- Certificación Energética de Edificios (4º Master construcciones industriales).

Este aumento de asignaturas relacionadas con la eficiencia energética está en línea con el contexto político actual. Con el fin de mitigar los efectos del cambio climático, la Unión Europea se ha propuesto cumplir una serie de objetivos para el año 2020, es el conocido plan 20-20-20, que consiste en: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20%; Promover el uso de las energías renovables hasta alcanzar un 20% y ahorrar un 20% el consumo de energía mediante eficiencia energética.

Cita sugerida:

Sarabia Escriba, E. J., Soto Francés, V. M., y Pinazo Ojer, J. M. (2019). Desarrollo de la aplicación Genera3D para adaptar el software EnergyPlus a prácticas docentes. En Ramírez Paredes, K.G. (Coord.), *Recursos educativos para el aula del siglo XXI*. (pp. 58-65). Eindhoven, NL: Adaya Press.

Esta línea marcada por Europa ha sido seguida por España con el desarrollo y publicación de las siguientes regulaciones: (1) Código Técnico de la Construcción (Ministerio Fomento, 2017), cuya versión inicial apareció en 2006 e incluía un apartado dedicado expresamente al ahorro energético (HE). En versiones posteriores este apartado se ha ido modificando, y (2) El RD 235/2013 (Ministerio Industria, 2013), que establece la necesidad de obtener un certificado energético de los edificios.

El cálculo de la demanda energética y del consumo del edificio es esencial para el planteamiento de actividades y la explicación de las asignaturas listadas anteriormente. Es por este motivo que se busca un programa que permita definir diferentes edificios y casos para poder obtener resultados que permitan analizar las diferentes situaciones. El programa de mayor prestigio internacional en este campo es EnergyPlus (Drury *et al.*, 2000). Es un programa desarrollado por el departamento de energía de EEUU y en el que han colaborado entidades prestigiosas como el National Renewable Energy Laboratory (NREL). El inconveniente del software EnergyPlus es que no es ni sencillo ni práctico en su manejo, y por tanto no es útil como material docente. Incluso tiene problemas a nivel profesional para su manejo.

Esta a sido la motivación para el desarrollo de un software más amigable y productivo que permita trabajar como interface con el EnergyPlus para poder darle una aplicación docente al mismo. El software desarrollado se llama Genera3D (Sarabia *et al.*, 2016) y tiene la peculiaridad de permitir definir el edificio utilizando planos CAD (en 2D) para generar automáticamente la geometría y pasarla al programa EnergyPlus. Además, la herramienta tiene un visor de resultados que facilita la comparativa y el análisis de los diferentes casos que se estudian en clase. La herramienta es accesible de forma gratuita desde la web de Atecyr (CalculaConAtecyr, 2016) y no requiere ninguna instalación.

Con el uso de esta herramienta se han definido diferentes sesiones de prácticas de la asignatura de Simulación Energética de Edificios, de manera que el alumno, en 4 sesiones de 2 horas es capaz de definir un edificio sencillo y poder analizar cómo repercuten algunos cambios del edificio (aislante térmico, tipos de ventanas, etc.) sobre la demanda de calefacción y de refrigeración del mismo. Esta orientación práctica de la asignatura tiene como consecuencia una mayor atención e implicación por parte del alumno en clase y una mejor asimilación de los conceptos que se trabajan en la asignatura.

Objetivos

El objetivo principal del trabajo es el desarrollo de una herramienta de aplicación docente tanto para sesiones prácticas como para el apoyo en las sesiones de teoría. El trabajo describe también una sesión práctica con el manejo de la misma que ha sido puesta en práctica en la asignatura de Simulación Energética de Edificios. Las características principales que se requieren del software para que pueda ser utilizado en clase son las siguientes:

- Manejo intuitivo del mismo, para que no se dedique demasiado tiempo a la explicación del funcionamiento del mismo y se pueda dedicar más tiempo a la discusión de resultados.

- Resultados de la aplicación sencillos de entender. El programa EnergyPlus permite obtener una gran cantidad de resultados, muchas de ellas no son necesarias para la explicación de los ejercicios planteados. La herramienta selecciona aquellas variables de salida más interesantes para el análisis de resultados.
- Definición del edificio de forma productiva. Uno de los problemas que tienen la mayoría de programa de simulación energética es lo costosa que resulta la introducción de la geometría en estas aplicaciones. Esta parte es fundamental para un análisis detallado de la demanda energética del edificio ya que esta parte define el tamaño y orientación de los diferentes cerramientos del edificio.
- Que permita diseñar sesiones prácticas con el software y que pueda utilizarse como apoyo en las sesiones de teoría.

Funcionamiento de la herramienta

La herramienta ha sido desarrollada en lenguaje C++, con el compilador Borland C++ Builder versión 5 (Schildt, 2001) y no requiere ningún proceso de instalación. Se distribuye como un archivo zip que contiene en su interior todos los archivos necesarios para el funcionamiento. Esto hace que los alumnos puedan utilizar el programa sin ningún problema en sus propios ordenadores o guardarlo en una unidad externa para poder utilizarlo en cualquier otro ordenador. Esta característica también es interesante para los profesores, ya que pueden llevar la aplicación a ordenadores de aulas de informática en los que no tienen permisos especiales.

El software desarrollado está registrado en la Universitat Politècnica de València con el nombre Genera3D y ha tenido una buena acogida también entre el sector profesional por la accesibilidad que este programa muestra para el uso de EnergyPlus como motor de cálculo.

La figura 1 muestra el esquema de funcionamiento de la aplicación. Como se observa, la aplicación actúa como pasarela entre la herramienta CAD y los programas EnergyPlus y HULC (Ministerio Industria, 2017), que es el programa oficial de calificación energética de edificios en España.

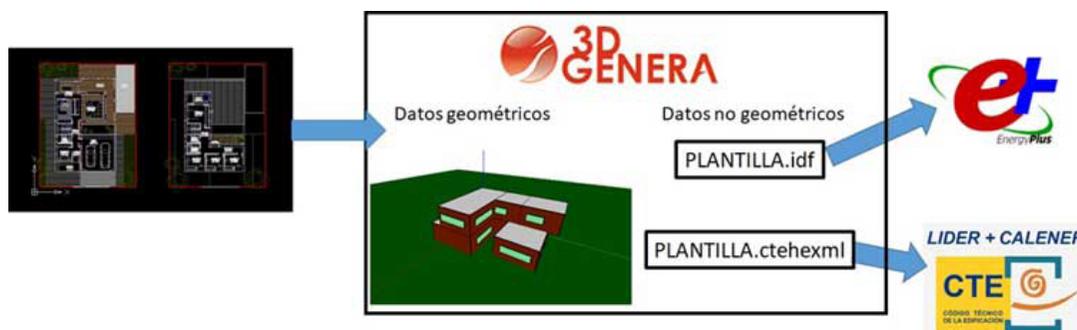


Figura 1. Esquema de funcionamiento de la aplicación Genera3D

El funcionamiento de la herramienta consiste en leer archivos en formato dxf creados desde cualquier aplicación de tipo CAD. Cada archivo dxf representa una planta del edificio, de manera que indicando la cota a la que se sitúa cada planta, el programa hace una extrusión de la geometría e identifica todas las entidades que forman el edificio: paredes exteriores, paredes interiores, forjados al terreno, forjados entre plantas, techos y ventanas. En este proceso, la aplicación crea la geometría en tres dimensiones del edificio partiendo de planos en dos dimensiones, que es como habitualmente se representan los planos arquitectónicos. Este proceso resulta muy productivo para los usuarios del programa EnergyPlus, ya que, de lo contrario, hay que introducir la geometría definiendo los polígonos vértice a vértice.

La herramienta Genera3D permite también la definición de datos no geométricos (Figura 2), como las cargas internas de los locales (personas, luces y equipos), la ventilación y la definición de la composición de los cerramientos por capas. Estos datos se muestran en forma de tablas en la herramienta y permiten una definición rápida de las propiedades del edificio, que sobre el programa EnergyPlus cuestan más tiempo. Los elementos que forman el edificio se pueden visualizar de dos formas: por tipologías, lo cual permite agruparlos por locales, cerramientos interiores, cerramientos exteriores, ventanas, etc.; o por arquitectura, con lo cual se puede ver de forma jerárquica las dependencias de unos y otros, en primer lugar locales, de ahí, cerramientos y de ellos las ventanas.

Nombre	P1_E1	P1_E2	P1_E3
Acondicionamiento	Acondicionado	Acondicionado	Acondicionado
Superficie [m ²]	100.00	100.00	100.00
Volumen [m ³]	300.00	300.00	300.00
Distribución Termostato Cel [°C]	distiTemoCel	distiTemoCel	distiTemoCel
Distribución Termostato Ref [°C]	distiTemoRef	distiTemoRef	distiTemoRef
Rato personas [m ² /per]	10.00	10.00	10.00
Actividad[W/persona]	100.00	100.00	100.00
Distribución ocupantes	distiOcupantes	distiOcupantes	distiOcupantes
Rato iluminación [W/m ²]	12.00	12.00	12.00
Distribución iluminación	distiLucesEquipos	distiLucesEquipos	distiLucesEquipos
Rato equipos sensible [W/m ²]	10.00	10.00	10.00
Rato equipos latente [W/m ²]	0.00	0.00	0.00
Distribución equipos	distiLucesEquipos	distiLucesEquipos	distiLucesEquipos
Tipo ventilación	por_persona	por_persona	por_persona
Ventilación [l/s_pers]	12.50	12.50	12.50
Distribución ventilación	distiOcupantes	distiOcupantes	distiOcupantes

Figura 2. Definición de datos no geométricos sobre Genera3D

Otra ventaja de la herramienta es la posibilidad de visualizar los resultados de la simulación de una forma ágil e intuitiva. La herramienta filtra los resultados en función del elemento del edificio seleccionado (Figura 3), además permite visualizar los mismos en gráficos 2D (para todas las 8760 horas del año) o en 3D (para cada hora y cada día del año). Todos los resultados pueden copiarse en el portapapeles para después hacer un informe con los resultados gráficos. Los resultados que son mensuales se muestran en gráficos de barras. Además, el visor de resultados permite cambiar de unidades para poder interpretar mejor la información.

7. Desarrollo de la aplicación Genera3D para adaptar el software EnergyPlus a prácticas docentes

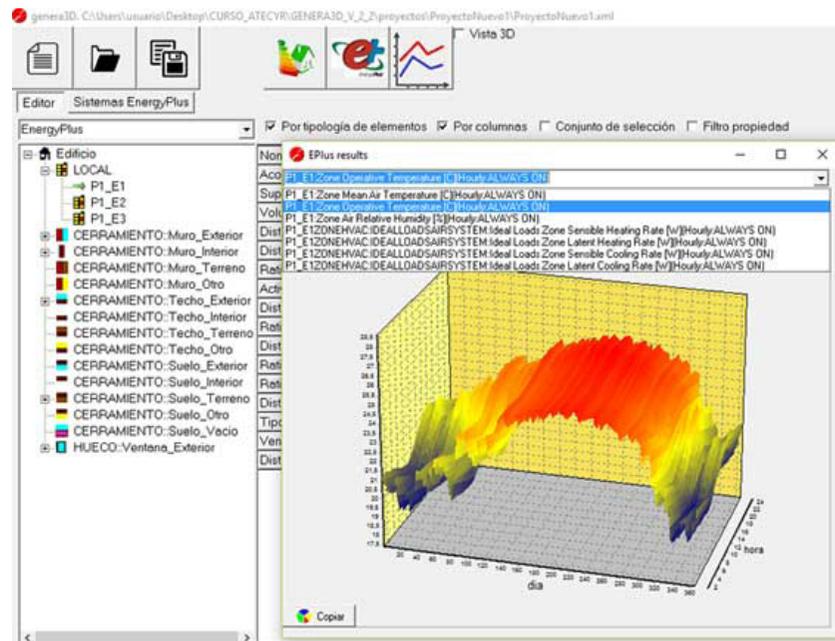


Figura 3. Visor de resultados de la aplicación

Como muestra la figura 1, Genera3D permite también importar el edificio creado desde CAD a la herramienta oficial de calificación energética de edificios HULC. Esto permite que los alumnos, además de hacer un cálculo detallado de la demanda y el consumo con EnergyPlus, puedan también realizar la calificación energética del edificio sin tener que introducir de nuevo la geometría del mismo en una aplicación diferente. En este caso, la herramienta escribe un archivo en formato “.cthexml” para definir el edificio en el programa de calificación energética.

Es importante aclarar que Genera3D es una herramienta independiente de EnergyPlus y de HULC y, por tanto, es necesario instalar estas aplicaciones también en el ordenador para poder trabajar.

Metodología

El uso de la herramienta permite definir sesiones de prácticas para las asignaturas de simulación energética y poder analizar los resultados junto con todo el grupo. Para poder utilizar los programas informáticos, los alumnos deben traer un ordenador portátil o realizar las sesiones en un aula de informática. Normalmente, por la experiencia de estos últimos cursos, a los alumnos les resulta más cómodo traer su propio ordenador y configurarlo a su manera para ser más operativos. El trabajo que se propone está diseñado para la realización en 4 sesiones de prácticas de 2 horas cada una. A continuación se desglosa el contenido de cada sesión:

Sesión 1 (2h): Definición del modelo del edificio en CAD e importación a Genera3D. En primer lugar, los alumnos analizan el edificio con el que van a trabajar, una vivienda unifamiliar. Es importante antes de empezar a trabajar sobre el plano tener clara la zonificación que se desea realizar. Después de familiarizarse con los planos empiezan a definir cada una de las plantas teniendo en cuenta el modo de definir la geometría que emplea el programa. La sesión termina con el edificio definido en la herramienta Genera3D y por tanto la extrusión e interpretación correcta de la información indicada en CAD.

Sesión 2: Definición cargas internas. En este punto, los alumnos deben de definir para cada local los termostatos, las cargas debidas a personas, luces, equipos y la ventilación del edificio. Los datos que se introducen son los que define el Código Técnico de la Edificación para edificios residenciales. De esta manera, los alumnos están utilizando la normativa actual para la realización del ejercicio, lo cual les aproxima más a su comprensión y entendimiento. Para la definición de cargas internas se requiere definir una serie de ratios y horarios.

Sesión 3: Definición de la envolvente térmica y análisis de resultados. En esta sesión los alumnos deben definir las diferentes composiciones de muros y huecos existentes en el proyecto y asignarlos a los muros correspondientes. La condición que se les exige es que estos cerramientos cumplan con las condiciones límite definidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE-HE1). Para ello, la transmitancia térmica de cerramientos y huecos no debe exceder los valores límite impuestos por la norma. Finalmente, una vez ya todo definido se procede al primer cálculo de simulación de la demanda del edificio. Los resultados obtenidos se analizan entre todos en la última parte de la sesión.

Sesión 4: Mejoras propuestas y comparativa. En esta última sesión, los alumnos deben de plantear diferentes mejoras en la vivienda para disminuir la demanda energética de la misma. Se pueden plantear modificaciones en el espesor de los cerramientos, cambios de las características de los cristales, análisis de la influencia de una mayor o menor ventilación, etc. Con las diferentes situaciones planteadas se presenta un documento de resultados y se comenta en clase.



USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
Temp Consigna Alta (°C)					
Enero a Mayo	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	-	-	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-
Temp Consigna Baja (°C)					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
Ocupación sensible (W/m²)					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Ocupación latente (W/m²)					
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
Iluminación (W/m²)					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
Equipos (W/m²)					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
Ventilación verano¹					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	*	*	*
Ventilación invierno²					
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*

Figura 4. Ejercicio propuesto para las sesiones prácticas

Conclusiones

El desarrollo de la nueva herramienta Genera3D permite el uso de la aplicación EnergyPlus en sesiones prácticas y de teoría de las asignaturas de simulación energética de edificios. Esto permite hacer las sesiones de trabajo más productivas ya que la definición de la envolvente del edificio y de las condiciones internas del mismo resulta mucho más sencilla. El programa requiere del manejo de alguna aplicación CAD, el nivel de manejo de éste tipo de aplicación no es alto y además sirve para refuerzo del uso de este tipo de aplicaciones para los futuros ingenieros.

El programa permite visualizar los resultados del motor de cálculo de una forma clara, lo cual permite dedicar más tiempo a la discusión de los mismos en el grupo clase. Pequeños cambios sobre el edificio como el aumento de espesor de aislante o cambiar las propiedades de los vidrios se pueden hacer de forma rápida y los resultados (sin dejar de ser fiables) permiten ver de forma inmediata los efectos de las diferentes medidas y hacer análisis y comparativas. Las sesiones de prácticas planteadas han tenido una buena acogida por parte de los alumnos. No se han apreciado problemas significativos en el manejo del programa y esto les ha permitido desarrollar las sesiones de forma adecuada.

Referencias

- CalculaConAtecyr (2016). *Web de descarga programas climatización*. Recuperado el 21 noviembre 2018 de: www.calculaconatecyr.com
- Crawley, D.B., Pedersen, C.O., Lawrie, L.K., y Winkelmann, F.C. (2000). EnergyPlus: Energy Simulation Program. *ASHRAE Journal*, 42, 49-56.
- Ministerio Fomento (2016). *Código Técnico de la Construcción*. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>
- Ministerio Industria (2013). *Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*.
- Ministerio Industria (2017). *Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC)*. Recuperado el 21 noviembre 2018 de: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener>
- Sarabia Escriva, E., Soto Francés, V., y Pinazo Ojer, J.M. (s/f). *Software Genera3D*. Recuperado de: <http://www.calculaconatecyr.com/genera3d.php>
- Schildt, H., y Guntle, G.L. (2001). *Borland C++ Builder: The Complete Reference*. Editorial Osborne/McGraw-Hill.

Emilio José Sarabia Escriba. Profesor Ayudante Doctor en la Universitat Politècnica de València. Colabora como profesor en diferentes Masters en otras universidades y en cursos profesionales en la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). Líneas de investigación relacionadas con la climatización, refrigeración y eficiencia energética de edificios. Desarrollo de diferentes softwares técnicos registrados en la UPV y distribuidos a través de la plataforma www.calculaconatecyr.com. Colaborador del programa CERMA, reconocido para la certificación energética de viviendas en España. Colaboración en proyectos de transferencia de tecnología entre universidad y empresas: Daikin, Atecyr, Habitec, IVE, etc. Autor en diferentes artículos en revistas científicas relacionados con la simulación energética de edificios.

Víctor Manuel Soto Francés. Profesor Titular de Universidad en la Universitat Politècnica de València. Miembro del comité técnico de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). Líneas de investigación relacionadas con la climatización, refrigeración y eficiencia energética de edificios. Desarrollo de diferentes softwares técnicos registrados en la UPV y distribuidos a través de la plataforma www.calculaconatecyr.com. Autor del programa CERMA, reconocido para la certificación energética de viviendas en España. Colaboración en proyectos de transferencia de tecnología entre universidad y empresas: Daikin, Atecyr, Habitec, IVE, etc. Autor en diferentes artículos en revistas científicas relacionados con la simulación energética de edificios.

Jose Manuel Pinazo Ojer. Catedrático de Universidad en la Universitat Politècnica de València. Presidente del comité técnico de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). Líneas de investigación relacionadas con la climatización, refrigeración y eficiencia energética de edificios. Desarrollo de diferentes softwares técnicos registrados en la UPV y distribuidos a través de la plataforma www.calculaconatecyr.com. Autor del programa CERMA, reconocido para la certificación energética de viviendas en España. Colaboración en proyectos de transferencia de tecnología entre universidad y empresas: Daikin, Atecyr, Habitec, IVE, etc. Autor en diferentes artículos en revistas científicas relacionados con la simulación energética de edificios. Autor de varios libros docentes y técnicos sobre refrigeración, climatización y transmisión de calor.
