

Martín-Gómez, César. Doctor Arquitecto

Zuaua Ros, Amaia Arquitecto

Vidaurre Arbizu, Marina. Doctora Arquitecto

Escuela de Arquitectura. Universidad de Navarra (instetsaun@unav.es)

Ahorro de energía en edificios hospitalarios con BIM y BPM

El Caso del Proyecto Europeo Adapt4ee

Las actividades descritas en este artículo están englobadas en el proyecto Adapt4ee (financiado por el séptimo programa marco de la Unión Europea) que tiene como objetivo mejorar la eficiencia de las herramientas de simulación existentes, en general complejas y sin un enfoque holístico, que permita evaluar fácilmente el uso de la energía en los edificios. Nos centraremos en las acciones desarrolladas en uno de los edificios piloto del proyecto: la Clínica Universidad de Navarra. El proyecto perseguía desarrollar una herramienta, compatible con la preservación de la intimidad, para la detección del movimiento de personas, y la implementación de algoritmos con el fin de mejorar las técnicas de extracción de estadísticas relacionadas con la ocupación en el dominio espacio-temporal de un edificio.

Introducción: el proyecto europeo Adapt4ee

La pregunta inicial que persigue responder el proyecto es clara: ¿puede ahorrarse energía en los edificios 'simplemente' usándolos de una forma diferente?

La experiencia y práctica profesional ha demostrado la importancia de la toma de decisiones en las fases iniciales del proyecto en todos los aspectos, incluido el comportamiento energético del edifi-

cio. Además, el creciente interés sobre la eficiencia energética en la política europea hace que el sector de la edificación constituya uno de los campos prioritarios en la implantación de nuevas estrategias de ahorro energético, y aquí, los edificios hospitalarios se presentan como la tipología más compleja donde alcanzar esas metas.

Por otra parte, es conocida la brecha existente entre la simulación y el consumo real, una diferencia en la que tiene gran importancia tanto la ocupación del

edificio, como los procesos de negocio llevados a cabo en su interior.

En este contexto se sitúa el proyecto europeo Adapt4ee, realizado entre noviembre de 2011 y diciembre de 2014, que pretende desarrollar una herramienta de simulación que considere tanto la información del edificio (espacios, materiales, equipos...) como los datos correspondientes a su comportamiento dinámico en lo que se refiere a ocupación y uso. Así, el marco de simulación integral que ofrece Adapt4ee aúna los conceptos de BIM (Building Information Model) y BPM (Business Process Model) vinculándolos a través de la incorporación del factor humano.

Con el objetivo de verificar las hipótesis de partida con los resultados obtenidos, se monitorizaron diferentes áreas de dos edificios piloto. El primero de ellos un estadio de fútbol en Coimbra (Portugal) y el segundo la Clínica Universidad de Navarra (CUN) en Pamplona. La Clínica Universidad de Navarra cuenta con más de 75.000 m², 400 camas y 16 quirófanos, con más de 130.000 consultas y 9.000 urgencias anuales, por lo que se convertía en un escenario adecuado para los fines perseguidos por el proyecto. En este artículo, se exponen los resultados referentes a la Clínica.

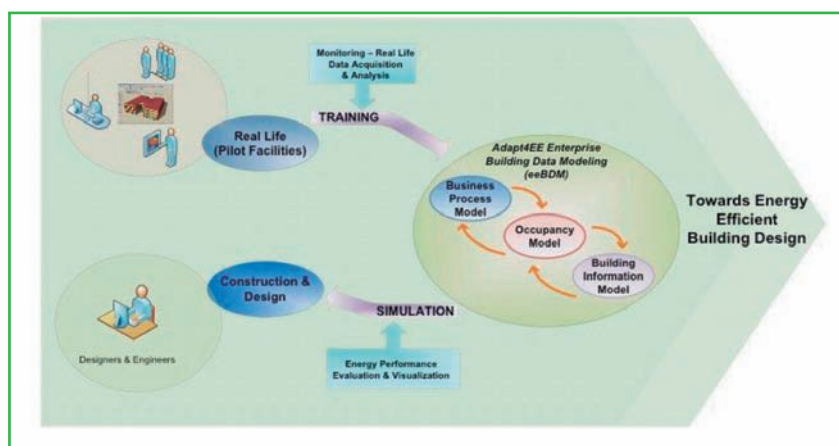


Figura 1 Objetivos y metodología de investigación prevista para el proyecto.



Figura 2 –La Clínica Universidad de Navarra.

2. Consideraciones previas

Sobre la justificación del porqué se han realizado las simulaciones de una determinada forma, se remite al lector a las completas referencias finales, queriéndose apuntar aquí solo algunas de las principales consideraciones que debieron tener en cuenta los investigadores en los trabajos de simulación:

- ▶ La geometría introducida para la simulación debe ser lo mas simple posible.
 - Los documentos CAD contienen muchas líneas que pueden ser confusas, por lo que una definición esquemática con las formas básicas del edificio y de los espacios es suficiente.
 - Evitar las formas complejas o conexiones entre espacios.
- ▶ Zonificación del área a modelar. Considerar un enfoque general minimizando las zonas térmicas.
- ▶ Herramientas y plantillas de simulación.

- Empleo de la barra de herramientas de OpenStudio en SketchUp.
 - OpenStudio proporciona plantillas con valores medios de cargas y horarios de varias tipologías de edificios, habiéndose seleccionado las plantillas Hospital y Out Patient (ambulatorio).
 - Las simulaciones se realizan con EnergyPlus. Este programa también dispone de plantillas de ocupación y horarios para hospitales.
- ▶ El modelo elegido para la calibración de los sensores colocados en los edificios

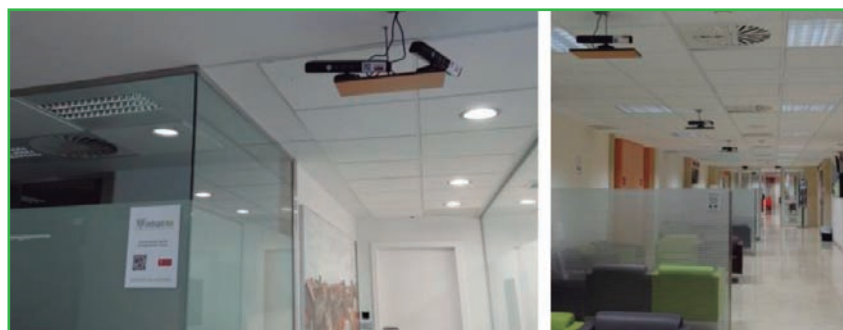
piloto fue el tipo gbXML que permite la importación de superficies, materiales e información de la construcción, horarios, cargas...

- ▶ Las zonas seleccionadas en la Fase 1 corresponden a un subconjunto de las áreas piloto en la 8ª planta, en el Departamento de Oncología Médica, MIR y salas de reuniones, habiendo sido modelados en alto detalle. La Fase 2 del piloto cubre subconjuntos seleccionados de las áreas restantes de la 8ª planta.

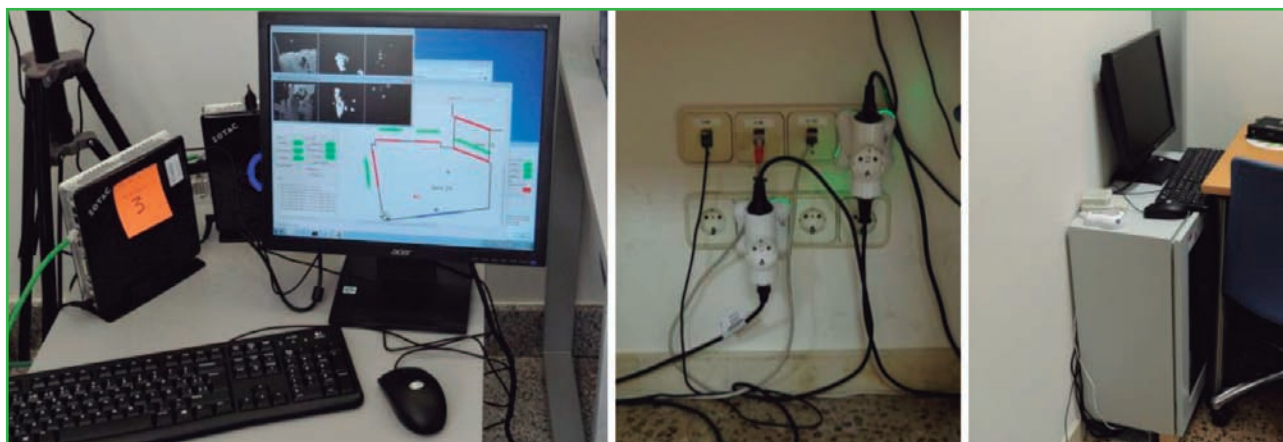
Monitorización

Los principales pasos seguidos para ejecutar la instalación de los sensores que monitorizan las zonas seleccionadas son los siguientes:

1. Definición del alcance y los objetivos de la evaluación.
2. Identificación de los criterios de evaluación.
3. Definición de los escenarios de evaluación y preparación de los usuarios finales.
4. Definición de la estrategia de ejecución y plan de trabajo.
5. Diseño, estudio y análisis de las áreas monitorizadas.



Figuras 3–4. Imágenes de las cámaras Kinect



Figuras 5–7. Proceso de calibración e imágenes de los smart-plugs colocados

Los sensores se integran en una red multi-sensorial que incorpora de forma dinámica un gran número de fuentes de entrada heterogéneas. Por tanto, para evaluar en las condiciones de uso real los modelos de negocio específicos (BPM) abordados por el proyecto, la red multi-sensorial de detección se basa en sensores diversos (luz, movimiento, CO₂, CO, temperatura, humedad relativa, video, profundidad de imagen, consumo de energía...) con el fin de proporcionar una perspectiva completa de los espacios analizados (ocupación del espacio, el consumo de energía, los niveles de bienestar y la calidad ambiental). Las cámaras Kinect instaladas para el seguimiento del movimiento de las personas, no graban a las personas (con los conflictos de privacidad que ello implicaría) sino tan solo sus trayectorias de movimiento

El proyecto se caracteriza por la utilización de sensores de bajo coste que aseguran la privacidad de los usuarios de los espacios, con el desarrollo de un novedoso sistema de extracción de datos de la ocupación de los edificios, y la construcción de un prototipo de sistema que es capaz de analizar y extraer, simultánea y eficazmente, los parámetros relacionados con la presencia humana y el análisis de su movimiento en relación con la eficiencia energética de los edificios.

Se trata de un tipo de solución que permite la réplica de esta instalación por otros grupos de investigación de la energía para su uso en el área de la construcción, aunque puedan ser utilizados para otros fines, desde sociológicos (conteo de personas en espacios públicos) a la protección contra incendios.

Comparación de resultados

Durante el proyecto se compararon los datos reales proporcionados por los usuarios de esos espacios y las anotaciones de campo de los investigadores, con los datos obtenidos de las siguientes plantillas:

- Hospital – OpenStudio.
- Outpatient – OpenStudio.
- Hospital – EnergyPlus.

Los principales datos se exponen a continuación de forma gráfica (figuras 8 a 15), pues con esta visión es como mejor se pueden comprender los desfases entre la realidad observada y las simulaciones proporcionadas por los programas.

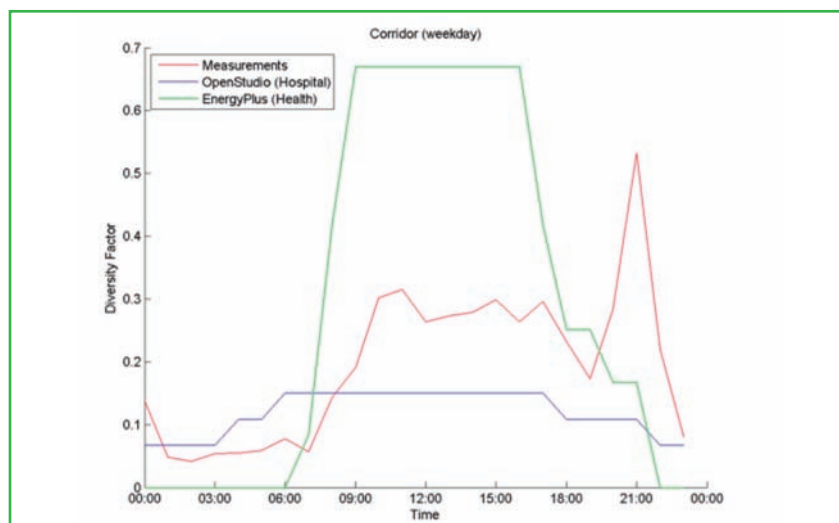


Figura 8. Comparación de plantillas de horarios y ocupación –

Ejemplo de ocupación media en los pasillos de lunes a viernes.

Plantilla de hospital de OpenStudio (azul).

Plantilla de hospital de EnergyPlus (verde) y

Datos reales tomados de la monitorización (rojo).

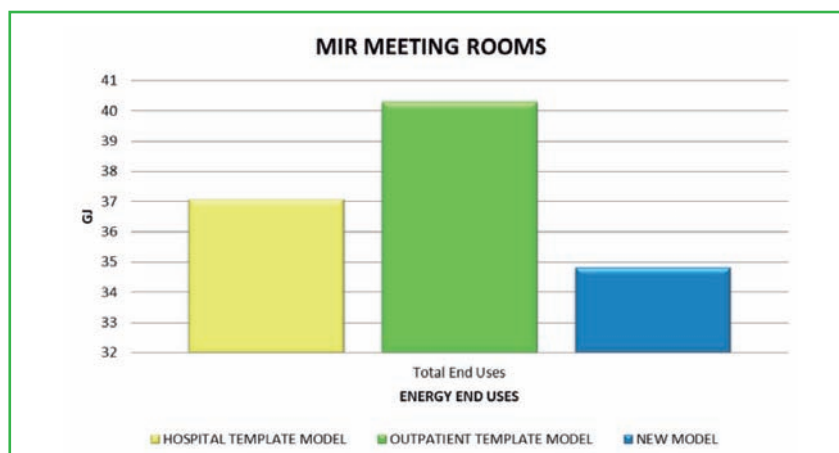


Figura 9. Comparación de consumos energéticos

Ejemplo de consumo energético total en sala de reuniones MIR:

Plantilla hospital (amarillo), Plantilla ambulatorio (verde) y Nuevo modelo con los datos reales (azul).

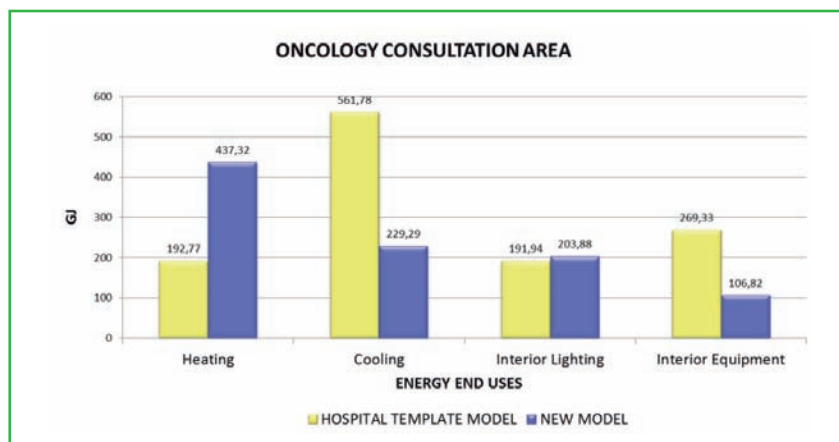


Figura 10. Comparación de consumos energéticos

Ejemplo de resultados de las simulaciones en el área de consultas.

Plantilla hospital (amarillo) y el Nuevo modelo con los datos reales (azul).

Visual Analytics Software

Uno de los principales resultados del proyecto ha sido el desarrollo de un software de código abierto denominado Visual Analytics. Se trata de una herramienta financiada con fondos públicos que, obviamente, está disponible también de forma gratuita.

(Más detalles en www.adapt4ee.eu/adapt4ee/results/exploitable.html)

Esta herramienta refuerza el análisis de los datos de consumo de energía en grandes volúmenes, con la detección de patrones espacio-temporales. En concreto, permite al usuario poner en relación los datos de ocupación del espacio con los datos de consumo de energía, y vincularlos con el modelo de negocios y de bienestar en un edificio. El analista tiene la oportunidad así de procesar los datos en diferentes situaciones temporales y con distintos filtros. Además, la herramienta ha confirmado su validez en la toma de decisiones en el diseño y gestión de la energía, mediante la visualización de los resultados de distintas simulaciones en diferentes situaciones de diseño.

Los asistentes al Seminario Building Energy Performance, celebrado en Pamplona en octubre de 2014, conocieron la herramienta Visual Analytics realizando varios casos y comprobando así sus funcionalidades.

Para llegar a este análisis global, se vale de un conjunto de indicadores clave

que cubre todos los aspectos examinados dentro del edificio, con el objetivo de dar una visión rápida del rendimiento total, permitiendo al arquitecto o ingeniero identificar aspectos problemáticos en términos de:

- ▶ Rendimiento energético.
- ▶ Rendimiento del proceso de trabajo.
- ▶ Bienestar alcanzado.

Así, la herramienta Visual Analytics se constituye en una herramienta que facilita el análisis espacio-temporal que, valiéndose de mecanismos innovadores de minería de datos, permite que el usuario final (el gestor del hospital, el arquitecto...) pueda identificar patrones, valores atípicos o correlaciones entre los factores en conflicto de la construcción y el rendimiento del proceso de trabajo.

Conclusiones

El proyecto ha requerido de la dedicación de treinta investigadores durante tres años, por lo que el espacio necesario para una explicación completa de todos los matices técnicos y tecnológicos asociados, sería extensa, pero es obvio que por la implicación de un espacio como el de la Clínica, correspondía aquí su exposición, aunque fuera parcialmente.

De las gráficas de resultados expuestas como ejemplo, hemos de incidir en las diferencias comprobadas de hasta un 60% entre lo indicado por las plantillas de cálculo habituales, y la realidad del caso que nos ocupa. Son discrepancias que los

responsables de diseño de edificios hospitalarios han de tener muy en cuenta al realizar las simulaciones.

Los resultados finales proporcionados indican que este tipo de redes de sensores son un apoyo importante para la toma de decisiones y la gestión de instalaciones basado en la extracción de ocupación en tiempo real.

También debe insistirse en destacar como esta metodología se puede utilizar en otras áreas, como ha ocurrido con el trabajo de los investigadores asociados con la física de partículas o la protección contra incendios, pues es capaz de proporcionar una cantidad significativa de datos sobre la trayectoria de las personas en espacios interiores. Es decir, que una de las hipótesis iniciales, que apuntaba a que los avances de investigación en edificios complejos como los hospitalarios, puede trasladarse a otros casos, queda así confirmada.

Referencias

Martín-Gómez, C. et al. (2014). Sensor Placement for BPM Analysis of Buildings in Use to Implement Energy Savings Through Building Performance Simulation. *Journal of Engineering and Architecture*, 2(2), 119–133. doi:10.15640/jea.v2n2a10

Eguaras-Martínez, M., Vidaurre-Arbizu, M., & Martín-Gómez, C. (2014). Simulation and evaluation of Building Information Modeling in a real pilot site. *Applied Energy*, 114, 475–484. doi:10.1016/j.apenergy.2013.09.047

Energy, V., & Modeling, E. (n.d.). 1st VoCamp – Energy Efficiency Modeling for Adapt4EE.

Agradecimientos

Este estudio ha sido posible gracias al proyecto 'Occupant Aware, Intelligent and Adaptive Enterprises', Adapt4EE, cofinanciado por la Comisión Europea dentro del 7º Programa Marco (FP7/2007–2013) en virtud del acuerdo de subvención número 288150.

Hemos de agradecer la colaboración mostrada por el Departamento de Oncología y la Dra. Lozano Guerra, subdirectora general de la Clínica Universidad de Navarra.

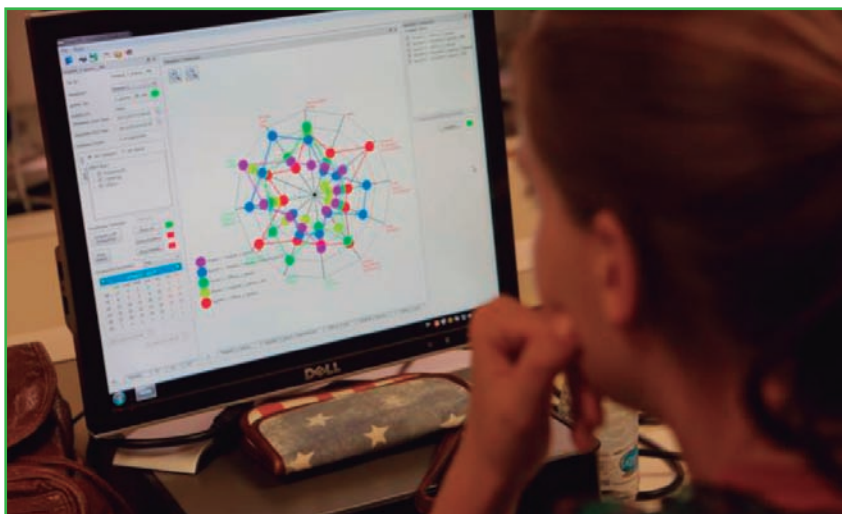


Figura 11. International Seminar in Building Energy Performance