

MODELADO BIM Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y GEODATOS

Patiño-Cambeiro Faustino^{1*}; Bastos Guillermo²; Armesto Julia³;

Patiño- Barbeito Faustino²; Prieto-López Juan Ignacio⁴

1) Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, Rúa Maxwell, Vigo.

2) Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, Rúa Torrecedeira 86, Vigo.

3) E. T. S. de Ing. de Minas, Universidad de Vigo, Campus A Xunqueira, Pontevedra.

4) E. T.S. de Arquitectura, Universidad de La Coruña, Rúa da Maestranza 9, A Coruña.

*faustinopc@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo muestra la aplicación de nuevas tecnologías en el proceso de obtención de los datos que son requeridos por el HULC, el software utilizado en España para evaluar la eficiencia energética de las edificaciones. En primer lugar, la captura de datos físicos dentro del edificio se realiza ágilmente a través de un avanzado robot multisensor. Este sistema utiliza sistemas de inteligencia artificial para posicionarse en el interior del edificio y geolocalizar los datos de los sensores que porta. Genera automáticamente las nubes de puntos 3D que serán convertidas en el modelo geométrico de las estancias del edificio; capta los datos de temperatura, humedad y nivel lumínico para realizar los mapas correspondientes; captura termografías de los cerramientos; y puede hacer fotografías panorámicas del entorno. En segundo lugar, todos los datos se transfieren al Revit, un software BIM, utilizado para construir un modelo informático del edificio que integra toda la información relevante. Este trabajo pone de manifiesto la gran agilidad en la manipulación de datos combinando este robot con el software BIM, el cual permite modificar dichos datos y exportarlos a herramientas de evaluación y cálculo especializadas.

PALABRAS CLAVE: Certificación energética, BIM, SLAM, geodatos, nubes de puntos 3D, inspección termográfica.

1. INTRODUCCIÓN

La metodología de trabajo BIM (Building Information Modeling) se está consolidando en el sector de la edificación. Su filosofía se basa en construir un modelo 3D de la actuación en cuestión y superponer sobre él todas las capas de información que serán necesarias en el proyecto, así como futuras incorporaciones de información respecto a operaciones de mantenimiento, rehabilitación o demolición. Este tratamiento integral del edificio permite a los distintos equipos de trabajo colaborar desde el inicio en una planificación eficiente. Mientras que un edificio nuevo siempre es concebido digitalmente mediante herramientas BIM o las tradicionales CAD, para construir un modelo BIM de un edificio existente es necesario recopilar sus características in situ.

En este contexto se enmarca la línea de investigación presentada. Consiste en el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para el proceso de adquisición de datos y modelización de edificios existentes. Se ha desarrollado un sistema rápido y fiable donde los datos físicos y geométricos de los cerramientos, junto con los datos ambientales, son registrados mediante un robot construido ad hoc. La geometría en forma de nube de puntos se exporta a un software desarrollado a medida. La nube se puede exportar a entornos BIM, como por ejemplo Revit, uno de los programas más utilizados.

2. RESULTADOS DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

2.1. PRODUCTOS

- Patente. Nº publicación ES2567102. Titular: Universidad de Vigo. Inventores: J. Armesto, C. Sánchez, D. Roca, A. Filgueira. Denominación: Sistema móvil multisensor de interiores para la inspección energética de edificios (ver Fig. 1).
- Tesis doctoral. Autor: F. Patiño Cambeiro. Aplicación de técnicas actuales de diseño y fabricación en la arquitectura residencial. Universidad de Vigo.

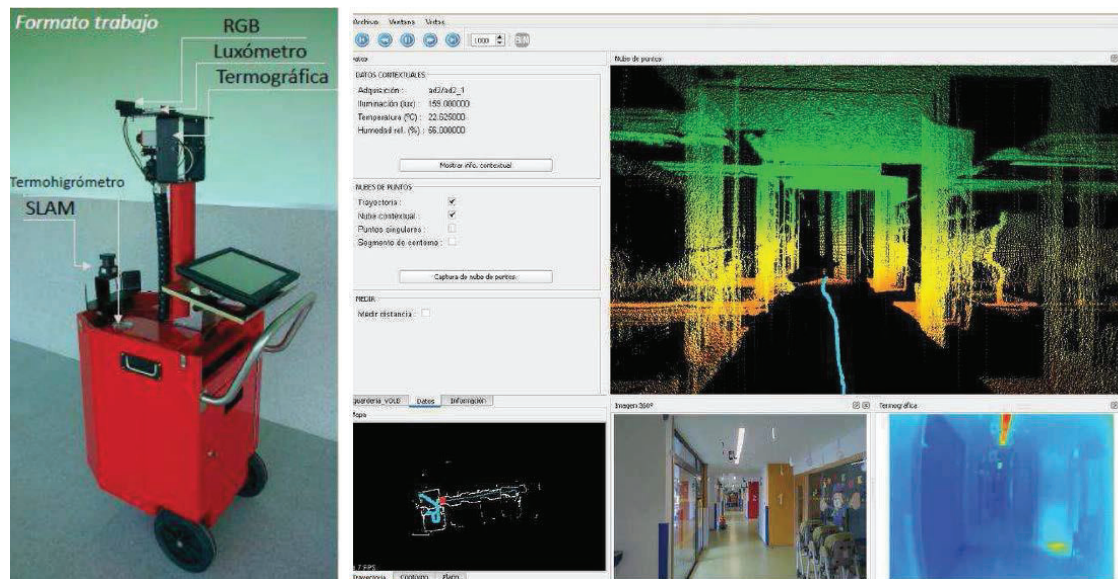


Figura 1. Fotografía del robot (izquierda) y entorno de trabajo tras la inspección (derecha).

2.2. ARTÍCULOS Y PONENCIAS

- [J. Armesto](#); [C. Sánchez-Villanueva](#); [F. Patiño Cambeiro](#); [F. Patiño Barbeito](#). Indoor multi-sensor acquisition system for projects on energy renovation of buildings. *Sensors* 2016, 16, 785.
- [F. Patiño Cambeiro](#); [J. Armesto](#); [F. Patiño Barbeito](#); [G. Bastos](#). Perspectives on near ZEB renovation projects for residential buildings: The Spanish case. *Energies* 2016, 9, 628.
- [S. Lagüela](#); [M. Solla](#); [L. Díaz](#); [J. Armesto](#). Inspection of radiant heating floor applying non-destructive testing techniques: GPR and IRT. *DYNA (Colombia)* 2015, 82–190, pp. 221–226.
- [L. Díaz Vilariño](#); [S. Lagüela](#); [J. Armesto](#); [P. Arias](#). Indoor daylight simulation performed on automatically generated as-built 3D models. *Energ. Buildings* 2014, 68, pp. 54–62.
- [S. Lagüela](#); [L. Díaz](#); [J. Armesto](#); [P. Arias](#). Non-destructive approach for the generation and thermal characterization of an as-built BIM. *Constr. Build. Mater.* 2014, 51, pp. 55–61.
- [S. Lagüela](#); [L. Díaz](#); [J. Martínez](#); [J. Armesto](#). Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes. *Automat. Constr.* 2013, 31, pp. 230–240.
- [L. Díaz Vilariño](#); [S. Lagüela](#); [J. Armesto](#); [P. Arias](#). Semantic as-built 3D models including shades for the evaluation of solar influence on buildings. *Sol. Energy* 2013, 92, pp. 269–279.
- [D. González Aguilera](#); [P. Rodríguez González](#); [J. Armesto](#); [S. Lagüela](#). Novel approach to 3D thermography and energy efficiency. *Energ. Buildings* 2012, 54, pp. 435–443.
- [F. Patiño Cambeiro](#); [F. Patiño Barbeito](#); [I. Goicoechea Castaño](#); [M. Fenollera Bolibar](#); [J. Rodríguez Rodríguez](#); y otros. Integration of agents in the construction of a single family house through use of BIM technology. *Procedia Engineer.* 2014, 69, pp. 584–593.

- F. Patiño Barbeito. Informe técnico patológico de defectos en edificio y su declaración de ruina técnica. Entidad: Benigno Carlos Cardelle García. Contrato I+D.
- F. Patiño Cambeiro; J.I. Prieto López. Actuaciones en la envolvente y sistemas energéticos en la rehabilitación residencial colectiva. Análisis y evaluación de las mejoras obtenidas. 5º Congreso Internacional de Patología y Rehabilitación de Edificios 2015.

2.3. PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS

- XVII Premio COAG a la mejor intervención en local comercial. A. Fernández; F. Patiño C.; J.I. Prieto. Entidad concesionaria: Colegio de Arquitectos de Galicia. Categoría: Reforma. 2017.
- Best Paper Award ISPRS 2014. D. Roca, J. Armesto, S. Lagüela, L. Díaz Vilariño. LIDAR-Equipped UAV for Building Information Modelling. ISPRS Technical Commission V Symposium.

3. EQUIPO INVESTIGADOR

Nombre: Faustino Patiño Cambeiro

Centro: Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo

Departamento: Diseño en la Ingeniería

Categoría: Profesor Ayudante Doctor

Nombre: Guillermo Bastos Costas

Centro: Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo

Departamento: Diseño en la ingeniería

Categoría: Ingeniero Investigador

Nombre: Julia Armesto González

Centro: Escuela de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Vigo

Departamento: Ingeniería de los Recursos Naturales y Medioambiente

Categoría: Profesora Titular de Universidad

Nombre: Faustino Patiño Barbeito

Centro: Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo

Departamento: Diseño en la ingeniería

Categoría: Profesor Titular de Escuela Universitaria

Nombre: Juan Ignacio Prieto López

Centro: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de A Coruña

Departamento: Proyectos y Urbanismo

Categoría: Profesor Ayudante Doctor



Modelado BIM y certificación energética a partir de inteligencia artificial y geodatos

Faustino Patiño Cambeiro ¹, Guillermo Bastos Costas ¹, Julia Armesto González ², Faustino Patiño Barbeito ¹, Juan Ignacio Prieto López ³

¹ Universidad de Vigo – EEI, ² Universidad de Vigo – ETSIM, ³ Universidad de La Coruña – ETSA

Introducción

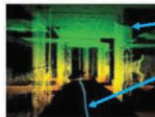
La modelización de un edificio existente dentro de un entorno BIM es habitualmente una tarea laboriosa. El modelo 3D suele construirse elemento a elemento a partir de los planos CAD del edificio y, en caso de que no se disponga de ellos, es necesaria una fase previa de mediciones in situ (Volk et al., 2014). Con el fin de agilizar este proceso, se construyó un robot que captura la geometría de los espacios interiores de una edificación. Dicha geometría se puede transferir a herramientas BIM en formato de nube de puntos. El sistema incorpora además sensores y funcionalidades que optimizan las tareas de inspección y evaluación energética de edificios.

Robot de 3D indoor mapping

Cámaras óptica y termográfica



Luxómetro

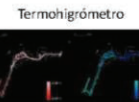
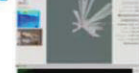


Nube de puntos 3D indoor:

- Cabezal láser para reconstrucción de trayectoria
- Cabezal láser para escaneo 3D



Interfaz de navegación



El robot multisensor está montado sobre una plataforma rodante, con mástil y base extensibles para optimizar los puntos de observación de cada sensor y a la vez minimizar oclusiones entre ellos. Está equipado con una pantalla en la que se pueden ir visualizando de forma instantánea los datos medidos (interfaz de navegación).

El sistema incorpora algoritmos de inteligencia artificial para el posicionamiento autónomo en entornos sin GPS. Gracias a ello, almacena automáticamente fotografías, termogramas, datos de confort y perfiles láser de forma georreferenciada, es decir, asociando cada dato a la posición de trayectoria desde la que fue tomada. La cámara termográfica es orientable de modo que pueda documentarse correctamente cualquier tipo de puente térmico.

El robot se aplicó a la modelización 3D de una guardería, demostrando mayor fiabilidad y rapidez que en los métodos tradicionales. Permite generar automáticamente la nube de puntos 3D, imágenes panorámicas de las estancias, termografías de los puentes térmicos, y mapas 2D de temperatura y humedad ambiental que reflejan el gradiente existente en un momento dado. Se describe el sistema en detalle en Armesto et al. (2016).



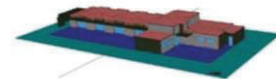
Gestión de la información obtenida

Los datos recogidos se pueden examinar en un software implementado ad hoc basado en la plataforma Qt. Se trata de un entorno inmersivo de navegación donde se visualizan simultáneamente los datos obtenidos por los sensores en cada punto de la trayectoria realizada con el robot. Incorpora utilidades de accionamiento de vídeo. La geometría 3D del edificio puede exportarse como nube de puntos en formato *ascii o *las.



Incorporación de la geometría en el modelo BIM

La nube de puntos generada por el robot fue editada en MeshLab. En primer lugar se eliminaron puntos de zonas que no son espacios interiores. Aparecen estos puntos cuando el láser apunta, por ejemplo, a superficies acristaladas. En segundo lugar se redujo la densidad de la nube de puntos para facilitar su manipulación por parte del ordenador.



Tras la edición de la nube, se guardó en formato *xyz, para ser convertida en AutoCad en un archivo *pcg. Es este formato el que se importó en la herramienta BIM Revit Architecture. Fue entonces cuando se fue construyendo el modelo 3D del edificio utilizando la nube como referencia visual. Se fue creando sobre ella elemento a elemento, de manera más veloz que si hubiese que ir introduciendo cada dimensión mostrada en el plano CAD del edificio. Se estimó un ahorro de tiempo del 57%.

Conclusiones

Este estudio presenta un robot que permite la adquisición de la geometría 3D interior de un edificio de forma automática. Las particiones interiores, elementos constructivos, huecos o mobiliario son digitalizados con precisión en el tiempo que lleva recorrer el espacio a inspeccionar. La implementación de algoritmos de inteligencia artificial para el posicionamiento autónomo (SLAM) en tiempo real permite no solo reconstruir automáticamente la nube de puntos 3D indoor, sino también geolocalizar los termogramas y datos ambientales de temperatura y humedad que obtiene durante la inspección. Todo ello contribuye a optimizar el proceso de construcción de modelos BIM, minimizando errores de usuario y tiempos de adquisición.

Bibliografía

- Volk, R.; Stengel, J.; Schultmann, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Autom. Constr.*, 2014, 38, 109–127.
Armesto, J.; Sánchez Villanueva, C.; Patiño Cambeiro, F.; Patiño Barbeito, F. Indoor multi-sensor acquisition system for projects on energy renovation of buildings. *Sensors*, 2016, 16, 785.