

# Proyecto Smart Campus en la Universidad Rey Juan Carlos: implantación de la Metodología BIM y tecnologías IoT para la gestión eficiente de los activos inmobiliarios

## Autor(es) de la comunicación:

- Javier Orellana Sanz - Universidad Rey Juan Carlos – UNEFE C/ Tulipán S/N Móstoles. javier.orellana@urjc.es
- José Miguel Luna López - Grupo Enerdex C/Velázquez,15 Madrid. jmluna@grupoenerdex.com

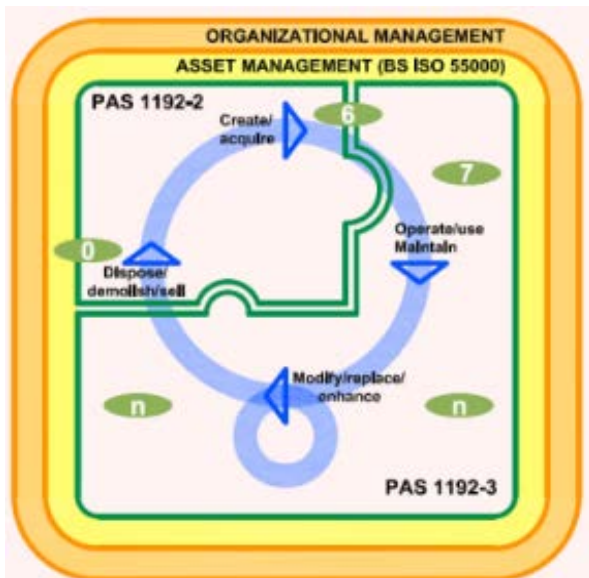
**Resumen:** Este proyecto, alineado con el enfoque de otras universidades europeas, pretende ser pionero en España. Llevado a cabo internamente, con la participación de diferentes grados de ciencias e ingeniería y bajo la coordinación de la Unidad de Eficiencia Energética de esta Universidad, desarrolla, a través de 9 proyectos de aplicación, los 5 pilares básicos en los que se fundamenta este Smart Campus: 1 - Digitalización de los edificios existentes con metodología BIM orientado a la explotación de los activos; 2 - Desarrollo e implantación de dispositivos IoT para la modelización de los edificios; 3 - Tratamiento de los datos recogidos con técnicas de Big Data; 4 - Visualización avanzada e interacción con las instalaciones a través de la RA - IA y; 5 - Soporte con las normas ya implantadas, ISO 50001, y en proceso de implantación, ISO 55001.

**Palabras clave:** Smart Campus, BIM, IoT, Modelo Digital, Gestión Activos, ISO 50001, ISO 55001.

## INTRODUCCIÓN

La URJC cuenta con aproximadamente 50 edificios e instalaciones, con una superficie total construida de más de 315.000 m<sup>2</sup> que prestan servicio diariamente a más de 50.000 personas.

La implantación y certificación en el año 2014 de la ISO 50001:2011 (Sistemas de Gestión de la Energía) y sus posteriores auditorías, han puesto de manifiesto deficiencias significativas relacionadas con la información gráfica y documental de los activos físicos que podrían afectar a la toma de decisiones críticas sobre su explotación y gestión eficiente. La principal, es su dispersión y falta de homogeneidad, que provoca que no esté siempre actualizada, en la mayoría de los casos no sea intercambiable, esté en múltiples formatos o incluso no exista.



**Figura 1.** relación entre la norma ISO55000 y la PAS 1192-2/3

Esto llevó a reflexionar sobre la oportunidad de implantar un nuevo sistema certificable y reconocido internacionalmente que permitiera, por una parte, ayudar en la gestión de la ISO 50001 y de otra, realizar una administración más eficiente del conjunto de los activos físicos actuales y futuros de la Universidad. La decisión adoptada fue fundamentarse en un modelo basado en la norma UNE-ISO 55001:2015 Gestión de activos – Requisitos, y las normas británicas PAS 1192 (Figura 1 – procedente de la PAS 1192) [1], por su estrecha relación con la propia ISO 55000 y su convergencia con las futuras normas UNE-ISO 19650 [2], en lo relativo a la utilización de la metodología BIM.

Se busca con todo ello, integrar en modelos digitales toda esa información para conseguir que sea única, fiable, que esté siempre disponible y actualizada y en un formato abierto e intercambiable con el resto de los sistemas de la organización.

Además de la propia gestión gráfica y documental de los activos, es absolutamente necesario considerar el comportamiento de los ocupantes y su influencia en el funcionamiento de los edificios, y en especial en el sistema de climatización. Uno de los mayores problemas en la gestión de edificios es la falta de información coherente con el parámetro que se desea controlar y en la cantidad suficiente que permita aplicar técnicas de análisis consistentes. Cabe señalar que, en el diseño de un nuevo edificio o instalación, la simulación es una herramienta válida y necesaria, pero en un activo existente, la medición real es el único camino para la gestión eficiente.

Existen varios problemas que impiden explotar eficientemente los edificios en la Universidad. De una parte, la falta de registro histórico de las variables principales que afectan al confort (temperatura operativa, humedad, calidad de aire, etc.) y de otra, la medida de otros parámetros de gran influencia como son la presencia o el aforo entre otros. La incorporación de nuevos elementos de medición y control necesarios para suplir estas carencias a menudo es difícil técnicamente o exigen una elevada inversión derivada de su instalación.

La posibilidad actual de desarrollar sensores y actuadores autónomos de bajo coste, capaces de comunicarse de forma inalámbrica e interactuar entre ellos dentro del ámbito del IoT y la aplicación de tecnologías de la información como BIM, Realidad Aumentada (RA), Inteligencia Artificial (IA) o Blockchain, entre otras, están creando una nueva forma de concebir la gestión y explotación de edificios y la mejora del rendimiento de sus instalaciones.

Desde el punto de vista de la Universidad, estas experiencias están aportando, además de la evidente mejora en el uso de los recursos públicos, una importante actividad docente y formativa, acorde a las necesidades más actuales del mercado, y una transferencia de conocimiento a la sociedad en general.

## **PROYECTO PILOTO**

Por todo lo expuesto en el punto anterior, en el año 2018 se inicia un proyecto muy ambicioso orientado a conseguir un verdadero Smart Campus, impulsado por la Unidad de Eficiencia Energética (UNEFE) de la Universidad Rey Juan Carlos y por la inminente aprobación de la Cátedra Smart-E2. Este proyecto piloto se dividió en dos grandes fases:

- Fase I: Consistía en realizar un modelo digital de un edificio administrativo utilizando la metodología BIM, incorporando en él la información más importante existente en las bases de datos de activos de la Universidad.
- Fase II: En esta segunda fase se modelaría digitalmente otro edificio, este dedicado a docencia, y se incorporarían dispositivos inalámbricos IoT, diseñados expresamente, para registrar simultáneamente diversos parámetros vinculados con la calidad ambiental y el comportamiento del usuario. Los datos resultantes se utilizarían para realizar un análisis sobre futuras estrategias de gestión de las instalaciones. En esta fase también se desarrollarían interfaces gráficas específicos para mostrar la información en función del tipo de usuario final de los datos.

### **Fase I**

Este proyecto comenzó a mediados del año 2018 y centró su aplicación en el edificio de Gestión del campus de Móstoles, edificio que por su tamaño y uso lo hacía muy adecuado para su implementación.

El edificio de Gestión es un edificio de tres plantas, sótano, baja y primera con una superficie construida de 1.967 m<sup>2</sup>. Está destinado a servicios administrativos del campus con una zona de atención al público en planta baja y con despachos y salas de reuniones en planta baja y primera. La información de partida en ese momento consistía en una serie de planos en CAD separados por disciplinas: arquitectura, estructura e instalaciones. A esto habría que añadir el libro del edificio actualizado a fecha de octubre de 2017 y la documentación correspondiente a la certificación energética.

Como vemos es una información habitual, o incluso bastante completa a priori, y apta como punto de partida para su aplicación a un sistema de gestión de activos. A pesar de todo esto, se decidió, como parte de la metodología de trabajo, verificar el contenido de la información, sobre todo la gráfica, para comprobar su exactitud y si el edificio había sufrido variaciones desde el año 2006, fecha de su última actualización. Lo mismo se hizo con la información contenida en el libro del edificio, programa de mantenimiento GMAO, etc.

El resultado de este análisis reflejó que la realidad del edificio, a fecha actual, no se correspondía con la información gráfica de los planos ni con la información disponible de los activos (espacios, instalaciones, mobiliario, etc.), ya que se habían producido diversas modificaciones de implantación que no estaban reflejadas en ellos. Todo ello condujo a relativizar la información gráfica disponible y realizar un trabajo de campo específico para obtener un modelo BIM del edificio.

## **Fase II**

En esta segunda fase, iniciada a comienzos de este año 2019, se pretende analizar la capacidad de un edificio para proporcionar el confort térmico requerido normativamente y vincular este resultado a su desempeño energético para, en función de su resultado, estudiar posibles estrategias de optimización. Con este fin se eligió el Aulario I de Fuenlabrada. Un edificio de 7.414 m<sup>2</sup> construidos con 16 aulas y 21 laboratorios audiovisuales totalmente equipados.

Esta fase se ha subdividido en dos partes. La primera, el modelado digital del edificio como en el caso del edificio de Móstoles y la segunda en el diseño e implementación de una sensorización específica para el edificio. Dado que la intención es analizar el bienestar térmico, sobre todo de las zonas con mayor ocupación habitual, aulas fundamentalmente, se hizo necesario en primer lugar contar con equipos de captación de datos adecuados al tipo de medición requerida. Dos son los parámetros necesarios para poder modelizar el funcionamiento cotidiano de estos recintos. Por una parte, los parámetros ambientales: Temperatura operativa, humedad relativa y nivel de CO<sub>2</sub> definidos por el RITE en sus IT 1.1.4.1, IT 1.1.4.2 y UNE-EN ISO 7730:2006; y por otra, la ocupación real de dichos espacios tanto en número de personas como en tiempo.

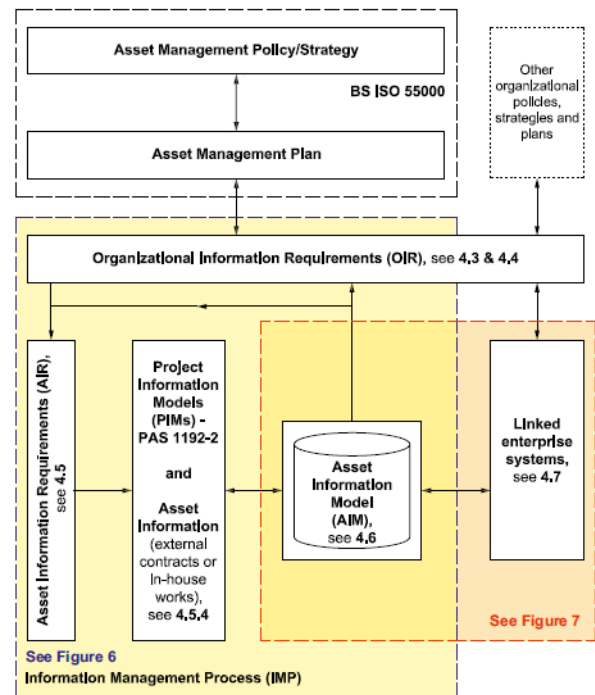
Estos dispositivos debían cumplir, además, con una serie de características tanto técnicas como operativas y ser además de bajo coste.

## **METODOLOGÍA**

Con respecto a la metodología y finalidad de la digitalización de los dos edificios, el objeto último de este proyecto es llegar a un AIM (Asset Information Model) de acuerdo al flujo de información propuesto por la PAS 1192:3, que guarda estrecha relación con la actual ISO 19650, con el fin de servir como elemento integrante del sistema de gestión de activos.

En la Figura 2 (procedente de la PAS 1192) se observa el vínculo entre el Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA) de la ISO 55001, el OIR (Organizational Information Requirements), y el AIR (Asset Information Requirements) que constituyen entradas al AIM y que definirán a la postre el contenido la estructura del mismo.

Es decir, el modelado BIM en la gestión de activos requiere de una importante labor previa en la definición de requisitos y conocimiento de la organización a la que vaya a estar destinada, que deberá estar previamente definida antes de iniciar el trabajo. En este sentido fueron múltiples las reuniones mantenidas con todos los responsables de la cartera de activos que iban a estar incluidos dentro del alcance del sistema.



**Figura 2.** Mapa del proceso de información de activos de alto nivel

Respecto a la parte operativa del modelado indicar que se hizo mediante un sistema mixto: escaneado laser por nube de puntos y trabajo manual de campo para el levantamiento de planos de arquitectura. Respecto a las instalaciones (climatización, electricidad, datos, y PCI), todo el trabajo fue manual al estar una parte importante encima de un falso techo practicable. De este trabajo surgieron seis modelos por disciplinas: arquitectura, climatización, electricidad, fontanería, informática y mobiliario con más de 2.500 objetos representados.

En lo que respecta a la sensorización, partiendo de los requisitos establecidos por la normativa mencionada se hizo una prospección de mercado buscando algún dispositivo que se ajustara a los requerimientos previstos:

- Sensor de temperatura seca del aire. Rango: -40° C a 80° C; Precisión:  $\pm 0,5^\circ$  C
- Sensor de humedad relativa. Rango: 0%-100%; Precisión:  $\pm 2-5\%$
- Sensor de temperatura media radiante: Rango temperatura: 0° C a 50° C; Precisión:  $\pm 0,5^\circ$  C
- Sensor CO2. Rango: 0 ~ 1000 ppm; Precisión:  $\pm (50 \text{ ppm} + 3\% \text{ de lectura})$
- Presión atmosférica. Rango: 300 ~ 1100 hPa Precisión  $\pm 1,5\text{hPa}$

Junto a estas especificaciones se establecieron una serie de requisitos ligados a la operatividad como:

- Sistema con alimentación autónoma de alta duración. (>1,5 años)
- Posibilidad de instalación tanto en paramentos verticales como horizontales.
- Garantizar un flujo estable de los datos enviados.
- Posibilidad de reseteo remoto en caso de bloqueo del controlador.

Al no encontrar ningún dispositivo que se ajustara plenamente a estos requisitos, se decidió por un desarrollo interno. El diseño correspondió a la Unidad de Eficiencia Energética de la Universidad (UNEFE) y su realización material al Dpto. de Teoría de la señal de la E.T.S. de Ingeniería de Telecomunicación.

Para la selección de componentes y materiales se utilizó una matriz de restricciones con objeto de determinar el grado en el que los requerimientos establecidos podrían penalizar el desarrollo del prototipo para establecer una clasificación de mayor a menor, con relación a éstos. El requisito de autonomía, ligado fundamentalmente al consumo inherente de los componentes, resultó ser el crítico y sobre el que había que centrar la atención. Fijado un periodo de autonomía mínimo, se determinó el consumo medio máximo diario del dispositivo en su conjunto. A partir de ahí, se particularizó para cada uno de los componentes, teniendo en cuenta las restricciones propias relativas a las condiciones de funcionamiento. De todo ello se determinó un patrón de funcionamiento basado en la frecuencia y tiempo de muestreo máximo del dispositivo.

Una vez realizado el prototipo, actualmente se está iniciando la fase de pruebas. Los valores registrados en una base de datos junto con los datos de ocupación servirán para realizar un análisis del comportamiento del edificio y permitirá actuar sobre el sistema de control para optimizar su funcionamiento.

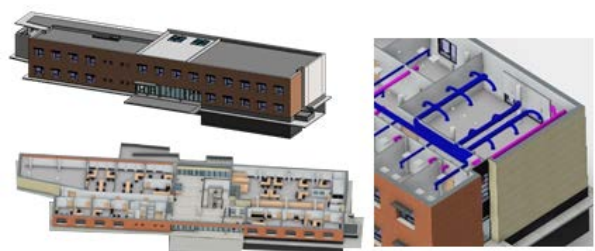
Respecto a los parámetros de ocupación y aforo, se está utilizando la red wifi y las conexiones de los usuarios para determinar con una precisión adecuada el aforo de las salas y de esa manera vincularla con los otros parámetros ambientales del espacio a monitorizar.

## RESULTADOS

### Metodología BIM aplicada a la Gestión de Activos

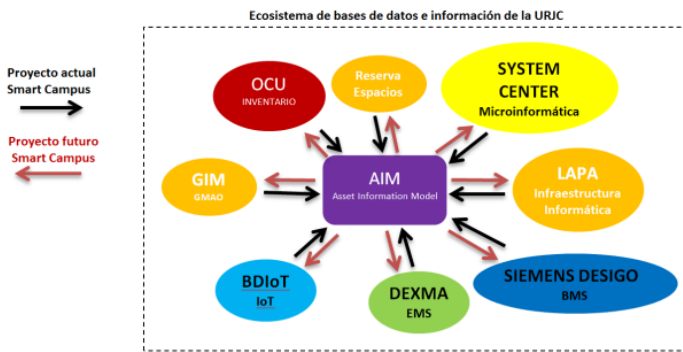
El modelo BIM del Edificio de Gestión del campus de Móstoles, resultante de la metodología anterior, es el que se muestra en la Figura 3 y en formato video, en el enlace siguiente: <https://www.urjc.es/todas-las-noticias-de-actualidad/3817-la-urjc-ya-cuenta-con-su-primer-edificio-bim>.

Como se ha comentado, el resultado final de este trabajo es conseguir un AIM como parte integrante de la estructura del sistema de gestión de activos. Este es en realidad un repositorio de información dentro del cual está incluido no sólo el modelo BIM 3D generado, sino toda la información que se ha podido reunir relacionada con los activos como pueden ser el libro del edificio, las especificaciones de fabricante, garantías, etc.



*Figura 3. Modelo BIM del Edificio Gestión de Móstoles*

Finalmente quedaría establecer el vínculo con los programas operativos que actualmente están en uso dentro de la Universidad.



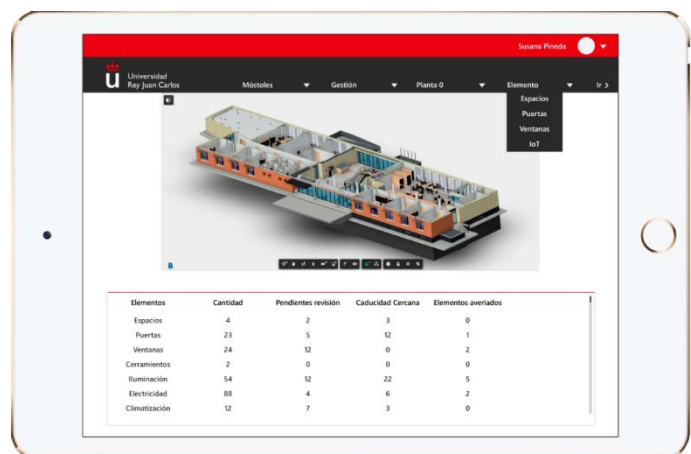
**Figura 4.** Ecosistema bases de datos e información de la URJC

En la actualidad, existen ocho sistemas que están relacionados con el núcleo de la información del AIM: OCU para inventariado general; System Center para el sistema de microinformática; LAPA para el sistema de infraestructura de red, GIM para Gestión de Mantenimiento; un programa específico de reserva de espacios; y un EMS para monitorización energética y otro, BMS para el control de instalaciones. Todos ellos constituyen el ecosistema del sistema empresarial de la organización. (Figura 4).

Para permitir crear un AIM de explotación, se ha diseñado una base de datos relacional, que constituye la base de este AIM, en el que, por una parte, se ha establecido una conexión con el modelo BIM y por otra, se han establecido vínculos con la información no permanente de cada uno de los sistemas citados.

Con esta configuración, y a través de una aplicación cliente-servidor como el ejemplo de la Figura 5, es posible disponer de:

- El modelo tridimensional y la ubicación física de todos los activos considerados dentro del Plan Estratégico de Gestión de Activos.
- Información de los parámetros generales de los activos.
- Información técnico legal, manuales de operación y mantenimiento.
- Información relativa al uso y desempeño de los activos incluidos en el GMAO.



**Figura 5.** Interface de usuario para gestión de modelos y activos

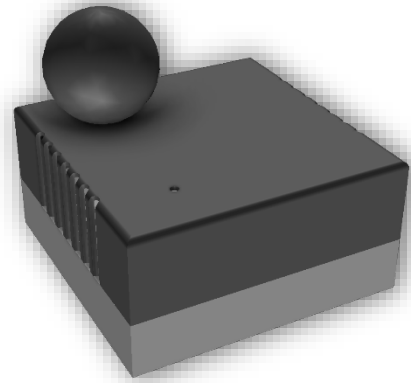
Se está procediendo igualmente a integrar la información referente a los dispositivos IoT para su visualización dentro del modelo 3D. Estas interfaces están siendo desarrolladas a través de proyectos formativos en colaboración con el grado de informática de esta Universidad.

### Tecnología IoT desarrollada

El resultado final ha sido un prototipo (Figura 6) que actualmente está siendo validado operativamente. Se ha instalado uno en fase de pruebas en un local para evaluar el efecto de la ubicación en el resultado de las medidas, habida cuenta que la temperatura operativa se ve claramente influenciada por aspectos como la velocidad del aire o la proximidad de fuentes de calor.

En cuanto a sus características básicas cabe citar:

- Fuente de alimentación: Baterías Li-ion 3,7V de 9800mAh.
- Sensores de temperatura ambiental y humedad relativa: Sensor de circuito integrado CMOS con convertidor analógico-digital, procesador de señal e interfaz de comunicación basado en el protocolo I2C.
- Sensor CO2: Sensor con tecnología NDIR (infrarrojo no dispersivo) de bajo consumo con microprocesador e interfaz de comunicación UART.
- Sensor temperatura operativa: Para este caso se tomó como punto de partida el paper “The globe thermometer in comfort and environmental studies in buildings” [3] en el que se hace una justificación teórico-técnica del desarrollo de un dispositivo para la medición de la temperatura media radiante (TMR) con un dispositivo de bajo coste.
- Sensor presión atmosférica: Sensor con tecnología piezo-resistiva de alta precisión y protocolo I2C.
- Electrónica de transmisión: El sistema se basa en una electrónica de desarrollo interno con conectividad Wifi 802.11 b/g/n 2.4GHz.



*Figura 6. Prototipo dispositivo IoT*

Todos los datos captados por la sonda son enviados a una base de datos donde se almacenan para luego su posterior procesamiento. Esta fase está todavía en desarrollo para la cual se está implementando un sistema que permita el análisis mediante computación cognitiva para poder crear un modelo de comportamiento real de la instalación y del edificio. En próximas etapas se estudiará la integración de esta información como bucle de control del BMS.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

El primer resultado de esta experiencia es que este sistema ha permitido crear canales para compartir información entre departamentos de forma transparente para los usuarios, por lo que no ha obligado a modificar sustancialmente procedimientos internos, aspecto que siempre es complicado de llevar a cabo en especial en la administración pública. Lógicamente, el tener ya implantada la ISO 50001 supuso una ayuda importante al involucrar a la organización en aspectos como el liderazgo, concienciación, política y roles, aspectos que son compartidos con la ISO 55001. De igual manera, la figura de un BIM Manager integrado en el equipo ISO 50001 e ISO 55001 es fundamental ya que no solo se ha demostrado necesario a la hora de encargarse de controlar los flujos de información y validación, sino también de apoyar a todas las partes interesadas en su relación con el mantenimiento y mejora del sistema.

Este proyecto está mostrando un hecho importante. A pesar de los inconvenientes de tratar con edificios existentes, de más de 20 años de antigüedad, con carencias documentales y limitación de recursos, cuando el foco se pone en el usuario final y sus necesidades, entendiendo que el sistema debe estar al servicio del usuario y no al revés, los resultados que se obtienen, aún a pequeña escala, son francamente alentadores.

Por otra parte, la sensorización propuesta en este proyecto, y los próximos desarrollos en los que se están trabajando: aplicaciones para geolocalizar activos dentro de los edificios mediante BLE, y sistemas BFWS (Battery-Free Wireless Sensors), el uso de gafas de realidad aumentada para apoyo a las tareas de mantenimiento, etc., están abriendo un interesante campo de líneas de investigación y desarrollo que pronto se espera obtengan resultados.



En definitiva, los beneficios han sido múltiples y para todos los servicios de la Universidad:

- Gestión y Mantenimiento de Instalaciones: Disponer de toda la información de los edificios en modelos digitales permite agilizar los procesos, optimizar los recursos y mejorar el confort de los usuarios.
- Gestión de Activos: Los modelos digitales incorporan los activos de la universidad. Desde mobiliario hasta equipos informáticos, pasando por equipos de climatización, iluminación, incendios, etc.
- Eficiencia Energética: Modelización de los edificios a partir de datos reales y simulación de medidas de mejora energética.
- Docencia: Formar a alumnos en nuevas tecnologías que les permitan salir al mundo laboral con una formación acorde con las demandas del mercado. Aporta múltiples posibilidades de TFGs y TFM. La sala de realidad virtual (Sala CAVE) permite a los alumnos interactuar con los modelos. Ver video en link <https://www.youtube.com/watch?v=1jBk8UGgBKY>
- Gestión de Espacios: Los responsables podrán optimizar los espacios disponibles a través del modelo digital, los cuales estarán categorizados según sus características.
- Certificaciones: Esta metodología está muy relacionada con Normas Internacionales como la ISO 50001 – Sistema de Gestión de la Energía, y la ISO 55001 – Gestión de Activos.

## REFERENCIAS

[1] BSI, 2014, PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. BSI Standards Limited 2014.

[2] ISO, 2018, ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 1: Concepts and principles. <https://www.iso.org/> 2019.

[3] Aparicio, Pablo et. al, 2015, The globe thermometer in comfort and environmental studies in buildings. Revista de la Construcción [online]. 2016, vol.15, n.3, pp.57-66.