



# IV CONGRESO EDIFICIOS INTELIGENTES

Madrid, 19 Junio 2018

## LIBRO DE COMUNICACIONES Y PROYECTOS

ORGANIZA:



**GRUPOTECMARED**

COMUNICA:

**CASADOMO**.com  
Todo sobre Edificios Inteligentes

APOYO INSTITUCIONAL:

**COAM** | COLEGIO  
OFICIAL  
ARQUITECTOS  
DE MADRID



GOBIERNO  
DE ESPAÑA



MINISTERIO  
DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES  
E IGUALDAD



SECRETARÍA DE ESTADO  
DE SERVICIOS SOCIALES  
E IGUALDAD



**Ceapat**  
Centro de Referencia Estatal  
de Autonomía Personal  
y Ayudas Técnicas



GOBIERNO  
DE ESPAÑA



MINISTERIO  
DE FOMENTO



GOBIERNO  
DE ESPAÑA



MINISTERIO  
DE ENERGÍA, TURISMO  
Y AGENDA DIGITAL



SECRETARÍA DE ESTADO  
PARA LA SOCIEDAD DE LA  
INFORMACIÓN Y LA  
AGENDA DIGITAL



**IV CONGRESO  
EDIFICIOS INTELIGENTES**  
Madrid 19 Junio 2018

**LIBRO DE COMUNICACIONES Y PROYECTOS**  
**IV Congreso Edificios Inteligentes**  
**19 Junio 2018**

Organizado por:



**GRUPOTECMARED**

Editado por:

Grupo Tecma Red S.L.  
C/ Jorge Juan 31, 1º izqda.  
28001 Madrid, España  
Tel: (+34) 91 577 98 88

Email: [info@grupotecmared.es](mailto:info@grupotecmared.es)  
Web: [www.grupotecmared.es](http://www.grupotecmared.es)

ISBN: 9781981055531

Copyright: © 2018 Grupo Tecma Red S.L.

Todos los derechos reservados por Grupo Tecma Red S.L. Queda prohibida la reproducción total o parcial de todos los contenidos de este libro bajo cualquier método incluidos el tratamiento digital sin la previa y expresa autorización por escrito de Grupo Tecma Red S.L.

## INTRODUCCIÓN - GRUPO TECMA RED

Nos encontramos ya en la cuarta edición del Congreso Edificios Inteligentes, consolidado como el foro de referencia sobre la actualidad y futuro de los Edificios Inteligentes en España. Esta edición del Congreso está marcada por las recientes iniciativas puestas en marcha desde la Administración, como la nueva Norma UNE 178108 de Smart Buildings y el denominado Nodo IoT, temas de gran implicación para el sector de los Edificios Inteligentes en nuestro país. Ambas cuestiones destacan dentro del programa del Congreso, lo que permitirá a los actores implicados entender cómo la nueva norma afectará el futuro de nuestros edificios.

El Congreso continúa abordando el concepto del Edificio Inteligente desde un punto de vista transversal, integral y multidisciplinar, estando dirigido a todos los profesionales relacionados con la edificación, desde el diseño, construcción y promoción del edificio, hasta la gestión y mantenimiento del mismo, además de todos sus servicios relacionados. Este enfoque permite tener una visión global de la situación actual y la proyección futura de la implementación de la tecnología en el parque inmobiliario, además de generar un valioso networking que permite la participación activa en el intercambio de conocimiento con los actores más relevantes del sector.

El Congreso cuenta con un Comité Técnico formado por cerca de 40 miembros, expertos en diferentes áreas relacionadas con los Edificios Inteligentes, y es el encargado de definir las temáticas del llamamiento de comunicaciones, de valorar todas las comunicaciones, de seleccionar aquellas que son presentadas en el Congreso de forma oral y las publicadas en este libro de comunicaciones. Además, propone la Ponencia Magistral, y la orientación de las Mesas Redondas.

El llamamiento de comunicaciones para el IV Congreso Edificios Inteligentes se lanzó en febrero 2018 y se han recibido cerca de 40 comunicaciones finales que han sido valoradas por el Comité Técnico que ha seleccionado 12 para ponencia oral y 36 comunicaciones finales para ser publicadas en este libro. Las áreas temáticas para el llamamiento de comunicaciones han sido: Diseño, Arquitectura e Ingeniería; Tecnologías y Soluciones para la Inteligencia en los Edificios; Accesibilidad y Seguridad; El Usuario e Implicaciones Sociológicas; Regulación, Normalización y Certificación; Integración de Inteligencia en Edificios singulares: patrimonio monumental, turísticos, rehabilitación, etc.; El impacto de la Transformación Digital en la Gestión y Mantenimiento; y Proyectos de Edificios Inteligentes. Esta última temática es una novedad de esta edición.

El programa del Congreso incluye la Ponencia Magistral "El Nodo IoT de la nueva Norma UNE 178108 de Smart Buildings y su relación con la Norma UNE 178104 de las Ciudades Inteligentes", que como ya hemos comentado, supone una gran novedad e impulso para el sector. La Ponencia Magistral se complementa con una Mesa Redonda sobre los "Retos y oportunidades del Nodo IoT de la nueva Norma UNE 178108: Smart Buildings" que permitirá abordar el tema en profundidad. Además, se contará con otra Mesa Redonda relacionada con "Smart Hotel: la mejora de la gestión y nuevas experiencias del usuario", cuestión también de máxima relevancia. En ambas Mesas se contará con destacados expertos, aportando conocimiento clave en cada uno de los temas.

El IV Congreso Edificios Inteligentes está organizado por Grupo Tecma Red con el apoyo institucional del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid; Ayuntamiento Madrid, Ministerio Fomento; Ministerio Energía, Turismo y Agenda Digital y Ministerio Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Cuenta además con la colaboración de más de 50 organizaciones y el patrocinio de compañías de referencia en el sector de los Edificios Inteligentes cuya participación hace posible un alto nivel y calidad, siendo Patrocinador Oro: la empresa KONE y Patrocinador Bronce: la asociación KNX España.

Mi agradecimiento a todas las personas y entidades que han hecho posible este IV Congreso Edificios Inteligentes, colaborando en la organización y promoción del mismo. Gracias también a todos los profesionales que han querido compartir sus interesantes experiencias en las comunicaciones presentadas y a todos los congresistas que demuestran con su presencia la necesidad de este foro profesional de referencia para los profesionales del sector de los Edificios Inteligentes.

Madrid, Junio 2018

**Stefan Junstrand**

Director IV Congreso Edificios Inteligentes

Director General Grupo Tecma Red

## MIEMBROS COMITÉ TÉCNICO

- **Rafael Úrculo**, Junta Directiva, AEDICI (Asociación Española de Ingenierías e Ingenieros Consultores de Instalaciones)
- **Paloma Velasco**, Directora Ejecutiva, AES (Asociación de Empresas de Seguridad)
- **Cecilia Salamanca**, Responsable Departamento Técnico, AFEC (Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización)
- **Juan Gascón**, Director Comisión Smart Cities, AMETIC (Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones y Contenidos Digitales)
- **Fernando Moliner**, Presidente Comisión Técnica, ASPRIMA (Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid)
- **Miguel Ángel Llopis**, Presidente, ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración)
- **Gonzalo Fernández Martínez**, AVS (Asociación Española de Gestores Públicos de Vivienda y Suelo)
- **Pilar Pereda**, Asesora Concejalía Desarrollo Sostenible, Ayuntamiento de Madrid
- **José María Redondo Martín**, Representante, BIG-EU (BACnet Interest Group Europe)
- **José González**, Vocal Junta Directiva, Building Smart Spanish Chapter
- **Benjamín Eceiza**, Secretario, CAF MADRID (Colegio Profesional de Administradores de Fincas de Madrid)
- **César Valmaseda**, Director de Gestión – División de Energía, Centro Tecnológico CARTIF
- **Fernando Suárez**, Vicepresidente, CCII (Consejo General de Colegios de Ingeniería en Informática)
- **Rosa Regatos**, Arquitecto Técnico, CEAPAT / IMSERSO (Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas) – Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
- **Sergio Rojas**, Secretario General, CEDIA (Custom Electronic Design & Installation Association)
- **Guillermo del Campo**, Auditoría Energética de Edificios, CEDINT-UPM (Centro de Domótica Integral de la Universidad Politécnica de Madrid)
- **Pablo Burgos**, Junta Directiva, CEDOM (Asociación Española de Domótica e Inmótica)
- **Juan Carlos Ramiro**, Director General, CENTAC (Centro Nacional de Tecnologías de la Accesibilidad)
- **Juan López-Asiain**, Director Gabinete Técnico, CGATE (Consejo General de la Arquitectura Técnica de España)
- **Juan Layda**, CGCOII (Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales)
- **Blanca Gómez**, Directora, CNI (Confederación Nacional de Instaladores y Mantenedores)
- **Carlos Lahoz**, Vicedecano, COAM (Colegio Oficial Arquitectos Madrid)
- **Elena Sarabia**, Secretario Junta de Gobierno, COAM (Colegio Oficial Arquitectos Madrid)
- **Luis F. Alés**, COIIM (Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid)
- **Noelia Miranda**, Responsable de Desarrollo Técnico, COIT (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación)
- **Alicia Huerga**, Departamento Técnico, CONAIF (Confederación Nacional de Asociaciones de Instaladores y Fluidos)
- **Gloria Gómez**, Arquitecta. Responsable Área Técnica, CSCAE (Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España)
- **Adrià Martínez**, DOMOTYS (Asociación Española para el Impulso y la Innovación en la Domótica, la Inmótica y las Ciudades Inteligentes)
- **Jesús Román**, Secretario General, FENIE (Federación Nacional de Empresarios de Instalaciones de España)
- **Miguel Ángel García Argüelles**, Director Gerente, FENITEL (Federación de Instaladores de Telecomunicaciones)
- **Jesús Hernández Galán**, Director de Accesibilidad Universal, Fundación ONCE
- **Francisco García Ahumada**, Presidente, IFMA España (Asociación Internacional de Facility Management)
- **José Antonio Tenorio**, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja – CSIC
- **Coralía Pino**, Jefe de Proyectos, Responsable Sostenibilidad y Eficiencia Energética, ITH (Instituto Tecnológico Hotelero)
- **Alvaro Mallol**, Presidente, KNX España
- **César Martínez**, Director Técnico, LONMARK España
- **José Antonio Juncá**, Jefe del Área de Calidad de la Edificación, Ministerio de Fomento
- **Ana Espinel**, Representante del Consejo Rector, SEA (Sociedad Española de Acústica)
- **Rafael David Rodríguez Cantalejo**, Ingeniero responsable Área Automatización y Eficiencia del Servicio de Infraestructuras, Universidad de Córdoba – UCO

- **Inés Leal**, Directora Editorial y Desarrollo, Grupo Tecma Red
- **Stefan Junestrand**, Director del IV Congreso Edificios Inteligentes y Director General Grupo Tecma Red

# ÍNDICE

## DISEÑO, ARQUITECTURA E INGENIERÍA DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES

<b>DEMANDA VS EFICIENCIA ENERGÉTICA: PALABRAS SIMILARES PERO MUY DIFERENTES DE CONCEPTO</b>	<b>1</b>
<i>Albert López Crespo</i> Somfy España	
<b>REDUCCIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN LOS SISTEMAS DE ACS DE HOTELES MEDIANTE AEROTERMIA</b>	<b>7</b>
<i>Francisco Javier Díaz Pérez, Adib Guardiola Mouhaffel, Ricardo Díaz Martín, M<sup>a</sup> Rosa Pino Otín y David Chinarro</i> Universidad San Jorge (Zaragoza), Universidad Las Palmas Gran Canaria y Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)	
<b>LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL ESPACIO - LA INMÓTICA IMPLEMENTADA DENTRO DE LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS</b>	<b>14</b>
<i>María Fernanda Martínez González</i> Universidad Nacional Autónoma de México	
<b>HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ENERGÉTICAS EFICIENTES EN EDIFICIOS TERCIARIOS</b>	<b>20</b>
<i>Silvia Sanjoaquín Vives, Miquel Balsells Luquin, Alejandra Sayans Jiménez, Francisco García-Luengo Manchado, María Carnal Fusté, M<sup>a</sup> Carmen Guerrero Delgado, Servando Álvarez Domínguez, José Sánchez Ramos y Francisco José Sánchez de la Flor</i> Gas Natural Fenosa y AICIA (Universidad de Sevilla)	
<b>TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES PARA LA INTELIGENCIA EN LOS EDIFICIOS</b>	
<b>LAS OPORTUNIDADES DEL IOT Y EL CONTROL DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN</b>	<b>25</b>
<i>Alicia Asín Pérez</i> Libelium	
<b>FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA (POF): LA RED A 1 GBPS DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES</b>	<b>31</b>
<i>Miguel Andreu López, Carlos Delgado Viñuales y Vicente García Lozano</i> Actelser	
<b>BEHECKIN: SISTEMA DE APERTURA DE PUERTAS A TRAVÉS DEL MÓVIL MEDIANTE APP</b>	<b>37</b>
<i>Cristina Cobos Gómez y María Ávila Cabeza</i> Becheckin	
<b>DE LA PUERTA TRADICIONAL AL CONTROL DE ACCESOS SEGURO E INTELIGENTE BASADO EN LLAVES MÓVILES: HACIA UN NUEVO PARADIGMA DE CERRADURA</b>	<b>41</b>
<i>Pedro Nieto</i> STI CARD	
<b>PROSEGUR OJO DE HALCÓN, LA SEGURIDAD INTELIGENTE EN LA PUERTA DE TU INMUEBLE</b>	<b>47</b>
<i>David del Peso Parra y Sandra Céspedes Martínez</i> Prosegur Alarmas	
<b>BUILDING 4.0 - EDIFICIOS VIVOS EN CONSTANTE EVOLUCIÓN</b>	<b>53</b>
<i>Roberto Iraola Pazos de Provencs</i> Beckhoff España	
<b>CONTROL INTELIGENTE DE TU ENERGÍA SOLAR: IOT APLICADO A PANELES SOLARES HÍBRIDOS</b>	<b>59</b>
<i>Dra. Raquel Simón Allué, Óscar Puyal Latorre y Dra. Isabel Guedea Medrano</i> EndeF Engineering	
<b>PRESENTE Y FUTURO EN LA TECNOLOGÍA DE ENFRIADORAS, LA IMPORTANCIA DEL CONTROL</b>	<b>65</b>
<i>Álvaro Fernández Sagaseta</i> Daikin AC Spain	
<b>NUEVOS REFRIGERANTES APLICADOS A LA BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA</b>	<b>69</b>
<i>Álvaro Fernández Sagaseta</i> Daikin AC Spain	
<b>TERMOSTATO INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE LA CLIMATIZACIÓN EN SMART HOMES</b>	<b>73</b>
<i>José L. Hernández, Susana Gutiérrez, Álvaro Corredera, Ruşen Can Acet y Emre Uncuoğlu</i> Fundación CARTIF y MIR ARASTIRMA ve GELISTIRME A.S.	
<b>GREEN SOUL: ECOSISTEMA TIC PARA EL AUMENTO DE LA ECO-CONCIENCIACIÓN Y FIDELIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE LOS EDIFICIOS HACÍA POLÍTICAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES</b>	<b>79</b>
<i>José Antonio Morales Sánchez</i> Wellness Smart Cities	
<b>EDIFICIOS INTELIGENTES: AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y AHORRO ENERGÉTICO PARA SU APLICACIÓN EN AULAS</b>	<b>84</b>
<i>Rosa Camarillo Escobedo, Elisa Martínez Hernández, Juan Antonio Ramírez Bruno, Arturo Urquiza Valdés y Juana Camarillo Escobedo</i> Tecnológico Nacional de México e Instituto Tecnológico de la Laguna	
<b>SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL DE AFORO EN EDIFICIOS DE ALTA DENSIDAD DE OCUPACIÓN</b>	<b>90</b>
<i>Alejandro García Martín</i> Bosch Security & Safety Systems	

<b>SISTEMA DE SEGURIDAD GLOBAL PARA LA EVACUACIÓN AUTÓNOMA E INTELIGENTE</b>	<b>96</b>
<i>Jesús María Espinosa, Jorge Prado, Juan Carlos López y Fernando Rincón</i>	
ElectroZemper y Grupo ARCO (U.C.L.M.)	
<b>EDIFICIOS 2030: EDIFICIOS ENERGÉTICAMENTE FLEXIBLES, CASO REAL</b>	<b>102</b>
<i>Álvaro Sánchez Miralles</i>	
Stemy Energy	
<b>ACCESIBILIDAD Y SEGURIDAD DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES</b>	
<b>CIBERSEGURIDAD ABSOLUTA, TAMBIÉN PARA EL CONTROL Y LA AUTOMATIZACIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS</b>	<b>108</b>
<i>Michael Sartor</i>	
Asociación KNX España	
<b>ARENAS BARCELONA: GUIADO EN INTERIORES PARA LA AUTONOMÍA DE MOVIMIENTO DE PERSONAS CIEGAS O CON BAJA VISIÓN</b>	<b>114</b>
<i>Jesica Rivero y Roberto Torena</i>	
ILUNION Tecnología y Accesibilidad	
<b>EL USUARIO E IMPLICACIONES SOCIOLÓGICAS DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES</b>	
<b>DISEÑANDO MOMENTOS ENCANTADOS: LA DIGITALIZACIÓN DE ESPACIOS</b>	<b>120</b>
<i>Alfred Batet</i>	
Grupo Simon	
<b>EDIFICIOS INTELIGENTES COMO NODOS IOT DENTRO DEL TEJIDO URBANO</b>	<b>125</b>
<i>Tomás Llorente</i>	
Ayuntamiento de Collado Villalba	
<b>LA PARTICIPACIÓN DE USUARIOS EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL ESPACIO DE TRABAJO - PROTOTIPO APP MÓVIL PARA TRABAJADORES DE UN EDIFICIO SINGULAR EN MADRID</b>	<b>130</b>
<i>M. Teresa Cuervo-Vilches y M. A. Navas-Martín</i>	
IETcc-CSIC e ISCIII	
<b>TÉCNICAS DE PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EL ENTORNO DE TRABAJO: EL USUARIO COMO CO-GESTOR AMBIENTAL</b>	<b>136</b>
<i>M. Teresa Cuervo-Vilches y M. A. Navas-Martín</i>	
IETcc-CSIC e ISCIII	
<b>REGULACIÓN, NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES</b>	
<b>SRI FOR BUILDINGS: APOYO A LA COMISIÓN EUROPEA EN LA DEFINICIÓN DE UN INDICADOR DE INTELIGENCIA PARA LOS EDIFICIOS DE LA UE28</b>	<b>142</b>
<i>María Fernández Boneta</i>	
Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)	
<b>INTEGRACIÓN DE INTELIGENCIA EN EDIFICIOS SINGULARES: PATRIMONIO MONUMENTAL, TURÍSTICOS, REHABILITACIÓN, ETC.</b>	
<b>PLATAFORMA DE DIGITALIZACIÓN PARA EDIFICIOS PATRIMONIALES</b>	<b>148</b>
<i>José L. Hernández, Pedro Martín Lerones, David Olmedo Vélez y Peter Bonsma</i>	
Fundación CARTIF y RDF Ltd.	
<b>EL IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GESTIÓN Y MANTENIMIENTO EN LOS EDIFICIOS INTELIGENTES</b>	
<b>SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL Y MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN VRF</b>	<b>154</b>
<i>José María Redondo Martín</i>	
LG Electronics Business Solution	
<b>KONE CONNECTED 24/7 - SERVICIOS INTELIGENTES PARA ASCENSORES</b>	<b>158</b>
<i>Áurea Gómez y Laura Pascual</i>	
KONE Elevadores	
<b>SISTEMA INTELIGENTE EN EL PABELLÓN DEPORTIVO DE LORCA O CÓMO APROVECHAR TODA LA TECNOLOGÍA PARA GESTIONAR DE FORMA EFICIENTE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS</b>	<b>162</b>
<i>Miguel Ángel Oliva</i>	
Ayuntamiento Lorca	
<b>INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTEROPERABLES PARA EDIFICACIÓN BAJO EL ESTÁNDAR IFC</b>	<b>168</b>
<i>José L. Hernández, Pedro Martín Lerones, Sonia Álvarez, Peter Bonsma, André van Delft, Richard Deighton y Jan-Derrick Braun</i>	
Fundación CARTIF, RDF Ltd., Demo Consultants y Hochtief	
<b>REDES ENERGÉTICO-DIGITALES CENTRALIZADAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS Y EL COMPLEJO URBANÍSTICO</b>	<b>174</b>
<i>Juan A. Avellaner Lacal y Jesús Fernández Alonso</i>	
EYDESA	



## PROYECTOS DE EDIFICIOS INTELIGENTES

<b>SMART HOME EL RETIRO - UN NUEVO CONCEPTO DE HOGAR INTELIGENTE</b>	<b>180</b>
Promotor: Loxone	
<b>NUEVA SEDE DE LA EMPRESA RAC INGENIERÍA - EDIFICIO AUTOSUFICIENTE EN AGUA Y ENERGÍA - CURITIBA, BRASIL</b>	<b>188</b>
Promotor: Gonzalo Serra Arquitecto	
<b>SMART GREEN HOME</b>	<b>196</b>
Promotor: HIPONOO	
<b>LOS EDIFICIOS INTELIGENTES DEL MAÑANA, HOY: HOTEL SUITOPÍA CALPE</b>	<b>204</b>
Promotor: ABB	

Dedicated to People Flow™



# LOS SERVICIOS INTELIGENTES ESTÁN AQUÍ

KONE, en cooperación con IBM, ha hecho que los ascensores y escaleras mecánicas sean más inteligentes. Al conectarlos con la nube podemos recopilar grandes cantidades de datos, monitorizarlos y analizarlos en tiempo real a través de la plataforma IoT Watson. De esta forma, podemos adaptar un plan de mantenimiento para cada equipo en concreto, mejorando su rendimiento, fiabilidad y seguridad.

Bienvenido a KONE Connected 24/7



3,7 S

11 mm

2 S



# IV CONGRESO EDIFICIOS INTELIGENTES

Madrid, 19 Junio 2018

ORGANIZA:



**GRUPOTECMARED**

COMUNICA:

**CASADOMO.com**  
Todo sobre Edificios Inteligentes

PATROCINIO ORO:



PATROCINIO BRONCE:



APOYO INSTITUCIONAL:

**COAM** | COLEGIO OFICIAL ARQUITECTOS DE MADRID



COLABORA:



# DEMANDA VS EFICIENCIA ENERGÉTICA: PALABRAS SIMILARES PERO MUY DIFERENTES DE CONCEPTO

Albert López Crespo, Arquitecto, SOMFY ESPAÑA

**Resumen:** Cuando vamos a aparcar nuestro coche en un aparcamiento descubierto sabemos perfectamente cuál es el mejor sitio si es verano o invierno. Si aparcamos el coche al sol en verano cuando volvamos nuestro coche estará a 65°C en el interior (5°C más si el coche es de color negro). En ese momento sólo tenemos la opción de abrir ventanillas y poner el aire acondicionado al máximo para sacar el calor. Hemos de esperar a poder entrar en el coche unos 10 minutos debido a las altas temperaturas del interior. Nuestro confort térmico no existe hasta pasados unos 20 minutos además de tener un consumo altísimo de energía en combustible para que funcione el aire acondicionado. Este ejemplo es el mismo para un edificio debido a que reciben la misma radiación solar que un coche y se calientan igual. ¿Qué es limitar la demanda? Sencillamente poner el coche a la sombra, bajo un árbol, parasol o porche. Poniendo el coche a la sombra evitamos el calentamiento excesivo debido a la radiación solar consiguiendo una temperatura de confort que no es necesario el aire acondicionado. Pero ¿podemos poner los edificios a la sombra? Sí, primero hemos de limitar la demanda evitando que el calor entre al edificio con un control solar automático. Un edificio cuesta 3 veces más enfriarlo que calentarlo. Después tendremos la eficiencia energética o rendimiento de las instalaciones como segundo valor, pero primero hay que evitar que entre el sol poniendo el edificio a la sombra. Y tercero incluir el máximo de energías renovables para conseguir un edificio de consumo casi nulo (EECN).

**Palabras clave:** Demanda, Fachada, Control, Solar, Automático, Gestión, Radiación, Confort, Luz Natural

## HISTORIA DE VILAUrANIA

La VILAUrànica fue su hogar y observatorio del astrónomo Josep Comas i Solà (1868-1937) situada en el Barrio del Farró de Barcelona, que posteriormente legó al municipio, y en la que también tenía un observatorio. Fue el primer director del Observatorio astronómico Fabra en Barcelona. En el nuevo proyecto sólo se conservarán las fachadas y la escalinata de acceso a la vivienda original de VILAUrànica, complementada con un nuevo edificio contiguo para crear una superficie total de 3.242 metros cuadrados que albergará un centro cívico, un casal para la tercera edad, espacio para jóvenes, ludoteca y espacios polivalentes.

El nuevo edificio (Figura 1) contará con un semisótano, planta baja y seis plantas, y se conectará con VILAUrànica a través de la planta baja y el semisótano. El acceso principal al complejo de equipamientos se ha proyectado desde la calle Saragossa. El proyecto tiene un presupuesto de 7,4 millones de euros. El proyecto ha sido proyectado por UTE SUMO ARQUITECTOS y Yolanda Olmo. La inauguración se realizó el 6 noviembre de 2017.

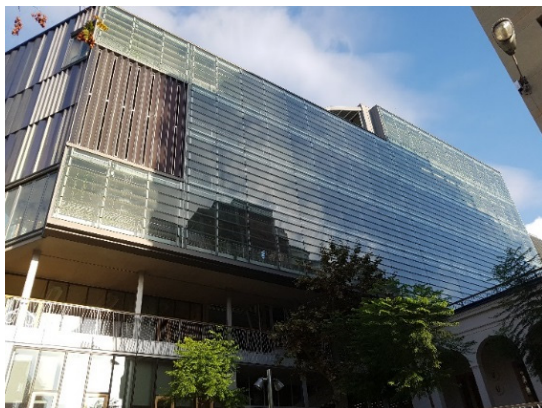


Figura 1. Fachada exterior y sección transversal del edificio. SUMO ARQUITECTES Y YOLANDA OLMO.

## ESPACIO INTERMEDIO, MEDIANERA CON TELÓN DE FONDO

Una fachada es la cara visible de los muros exteriores de un edificio en relación con su situación. Puede ser la fachada un espacio intermedio entre la ciudad y el espacio interior. Puede ser la fachada un espacio intermedio habitable con un sentido mayor que no sólo para el mantenimiento. Un espacio habitable sin climatización (sin consumo energético) que tenga las condiciones mínimas de confort que le proporcionen la fachada dinámica con un sistema de vidrios motorizados, persianas técnicas de lamas orientables automatizadas y un jardín. Y si además hacemos ilusionismo con la fachada revitalizando el jardín existente (muy valorado por los vecinos) y extenderlo en vertical por delante del conjunto de medianeras y patios, haciendo desaparecer el nuevo edificio de equipamientos. Como si de un juego de ilusionismo se tratase, el barrio del Farró de Barcelona disfrutará un espacio con jardines, pero también de un gran equipamiento público con una altísima eficiencia energética. A pesar de la dificultad de las condiciones, las dos realidades son posibles

El espacio INTERMEDIO se configura como la parte esencial del proyecto del edificio. Distribuye, en horizontal y en vertical. Es un mecanismo de control energético, y se configura como el telón de fondo de VILAUrània. En este espacio se incluye la fachada de vidrio motorizada, persiana técnica automatizada y controlada por Somfy de lamas horizontales orientables y apilables de Schenker Storen (Figura 2) y el nuevo jardín vertical de la villa, que complementa al existente y que se regenerará en el proceso. También se colocan un conjunto de huertos en las jardineras inferiores.

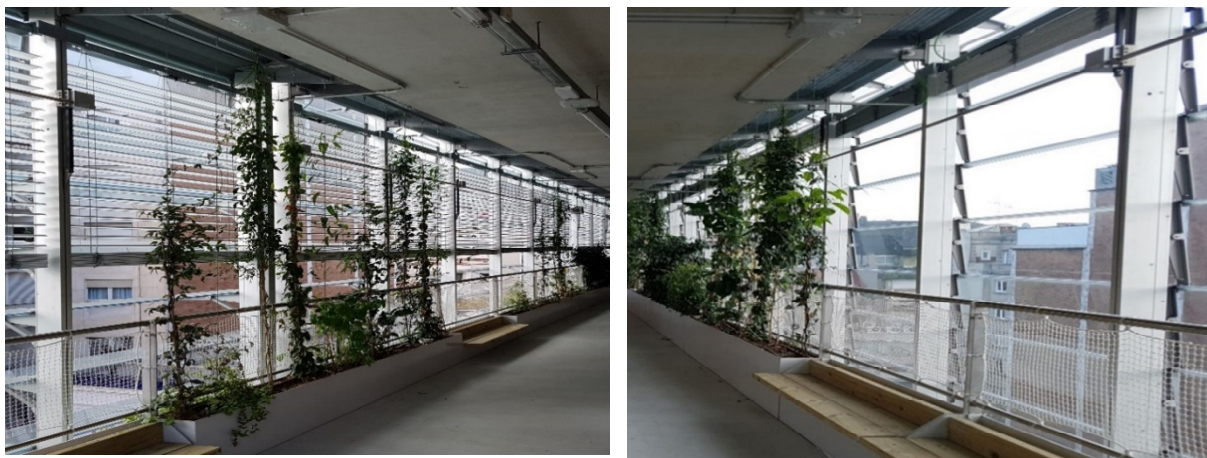


Figura 2. Persiana técnica automatizada y controlada por Somfy de lamas horizontales orientables y apilables.

## CRITERIOS DE AHORRO ENERGÉTICO Y SOSTENIBILIDAD

Reducción de la demanda energética: Se ha realizado un estudio de la radiación solar sobre el edificio, donde se puede comprobar los importantes valores en verano y los nada despreciables valores en invierno en la fachada Sur-Este. Se ha diseñado el edificio incorporando un espacio intermedio en fachada con la función de distribuidor y espacio de encuentro. El espacio intermedio funciona como protección solar en verano mientras que en invierno aprovecha el efecto invernadero. El espacio se condiciona de forma natural. Los cerramientos de fachada, por detrás del espacio intermedio, tiene una transmitancia térmica muy baja, (Figura 3).

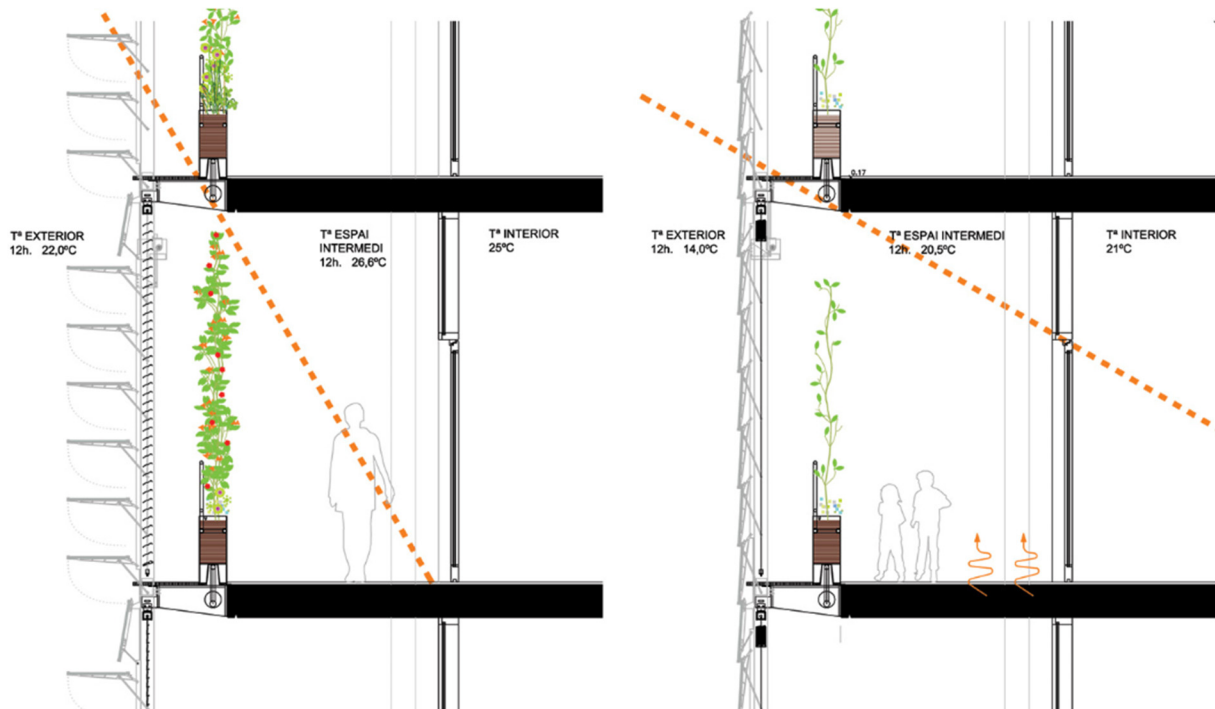


Figura 3. Control solar automático Somfy de la fachada. SUMO Arquitectes + YOLANDA OLMO.

En el edificio se han instalado 104 persianas técnicas automatizadas y controladas por Somfy de lamas horizontales orientables y apilables de 2,40 x 3,50 m. (ancho x alto) de aluminio guiadas y motorizadas. La motorización de las lamas horizontales permite un control solar automático en cada momento de la mejor posición y orientación para optimizar la luz natural y controlar la radiación solar en el espacio intermedio. Dichas protecciones solares disponen de un sensor de viento y temperatura para su funcionamiento automático integrado en el gestor global del edificio quien controla también iluminación, climatización, etc. Building Management System (BMS). En los edificios de Consumo Casi Nulo es necesario un control y gestión de las diferentes soluciones de forma coordinada para conseguir con óptimos costes los mejores resultados de confort lumínico-térmico y ahorro energético

Las Fachadas Dinámicas aprovechan la luz natural tanto como sea posible además de incrementar las vistas al exterior, pero preservando la intimidad de los espacios interiores. Esta relación exterior-interior ha de ser flexible en función de las necesidades del usuario. Las condiciones fuera del centro son completamente variables ya que dependen del tiempo meteorológico con diferentes niveles de luz y temperatura exterior, época del año y el ángulo de incidencia del sol. Por ese motivo la Fachada Dinámica se comunica continuamente con el exterior mediante sensores y controles para dar una respuesta inmediata que mejoran el confort visual y térmico de los usuarios, de esta forma también se mejora notablemente el ahorro energético del edificio reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> respetando el medioambiente

La solución de la fachada dinámica es una innovación en la fachada tradicional incorporando un control solar automático que mejora (Figura 4):

- A. Control Lumínico: Optimizar la luz natural minimizando el uso de luz artificial.
- B. Control Térmico: Mantener la temperatura de confort entre 21°C (invierno) y 26°C (verano).
- C. Ventilación Natural: Permitir el control de la calidad y caudal de aire, además de la eliminación de olores molestos.



Figura 4. Control térmico, lumínico y ambiental.

## SISTEMA DE LA FACHADA DINÁMICA

La fachada dinámica es una solución innovadora en el “espacio intermedio del edificio” que incluye el sistema Somfy Animeo. También pueden admitir “inputs” o indicaciones de otros sistemas como climatización o iluminación para optimizar su eficacia y eficiencia energética.

Por ejemplo: La estación meteorológica o sensor exterior detecta las condiciones exteriores (sol, viento, lluvia, y temperatura) y conjuntamente con el sensor interior (iluminación y temperatura) de la planta procesa dicha información en el Building Controller (BuCo) del centro. A partir de las necesidades de confort y ahorro energético del usuario la fachada se posicionará con la mejor opción. Cada momento la información se verifica y se actualiza la posición de la protección solar para conseguir la mejor opción de confort y ahorro energético. Las protecciones solares se mueven siguiendo los parámetros de confort fijados por el cliente en el interior del centro que son 21°C en invierno y 26°C en Verano con una Iluminación media de 400lx.

Dichas protecciones solares están conectadas al sistema Somfy Animeo que según las condiciones meteorológicas exteriores suben o bajan las lamas horizontales en tiempo real para conseguir los parámetros de confort del usuario. Desde la instalación de la fachada dinámica se registran 7°C menos de temperatura en el interior del edificio mejorando el confort del usuario y el ahorro energético en climatización e iluminación además de la optimización de la luz natural.

El sistema Somfy Animeo tiene 4 características innovadoras para integrar en los proyectos:

1. Inmediata. Reacción instantánea de la fachada adaptándose cada minuto a los cambios meteorológicos y las necesidades internas del Centro. No es una fachada estacional o pasiva que se comporta bien en verano o invierno, sino que en cada momento aporta la mejor opción de confort y ahorro energético.
2. Flexible. La fachada puede adaptarse a los cambios de uso del edificio sólo con modificaciones en la programación sin necesidad de obras en la fachada. La flexibilidad de las fachadas dinámicas favorece que se pueden adaptar a los procesos cambios de uso en los centros.
3. Invisible. Respeta la imagen arquitectónica y estética de la fachada ya que sólo actúa cuando es necesario cambios para mejorar el confort y el ahorro energético. Si no hace falta la protección solar está oculta. La

protección sólo es visible unas 5 ó 6 horas al día. Al estar guardada alarga su vida útil, favorece el mantenimiento y conservación de los tejidos y lamas.

4. Integrada. Las fachadas dinámicas se pueden integrar con la climatización y la iluminación en un mismo equipo o sistema de gestión-control del edificio para reducir el consumo de un edificio. La climatización y la iluminación suponen aproximadamente entre el 70-75% del consumo de un edificio.

## OBJETIVOS

**El lugar de trabajo equilibrado:** Equilibrio de Luz también tiene un efecto positivo en cómo la gente siente en su edificio debido a la luz natural que es tan importante para la calidad del espacio y la salud. La luz natural ayuda a los ritmos naturales del organismo y aumenta la sensación general de bienestar. Y cuando se sienten mejor, trabajan mejor. Maximización de la luz natural, con sus cambiantes patrones sutiles de la luz, mantiene a la gente en sintonía con el mundo fuera de las paredes del centro.

**Espacios confortables:** Conseguir espacios con una temperatura de confort constante e iluminación sin contrastes. Espacios con una privacidad e intimidad necesaria.

**La creación de espacios sugerentes:** Equilibrio de luz natural y artificial también puede mejorar su imagen corporativa. Crear y contribuir con la iluminación a mejorar el ambiente de oficina contribuirá a mejorar la opinión interna y externa de su empresa. Actualmente ya hay un ranking de edificios o empresas donde la gente le gusta trabajar y atención al cliente por la calidad del espacio interior en los centros (Figura 6).



*Figura 6. La fachada permite espacios luminosos, confortables y con ambiente positivo.*

**Conviértete en un edificio más verde:** La luz natural ayuda a cumplir con los objetivos de la legislación y de sostenibilidad, no sólo en términos de consumo de energía y las emisiones, sino también porque el confort lumínico y térmico es una parte explícita de los programas de certificación como LEED y BREEAM. La fachada dinámica contribuye en 19 de los 80 puntos de la certificación LEED. Calificación energética con el objetivo de la letra A. Desde 2014 los edificios terciarios u oficinas ya hay un mínimo obligatorio de letra B.

**Reducir su huella de carbono:** La reducción de la cantidad de energía que utiliza su edificio tiene también otras ventajas. También puede conseguir que las facturas de energía sean más pequeñas, menores emisiones de CO<sub>2</sub> y una huella de carbono más verde. La luz natural hace más verde su construcción utilizando una energía mucho más eficiente. La fachada dinámica reduce sus emisiones de carbono y respeta el medio ambiente como valor añadido del centro entre pacientes, personal sanitario y gerencia.

## CONCLUSIÓN

Las dos instalaciones que consumen más energía son la Climatización y la iluminación. Ambas instalaciones representan el 75% del consumo total de energía de un edificio. Los edificios a fecha de hoy tienen un consumo de energía de 150 a 200 kWh/m<sup>2</sup> y la Unión Europea nos ha marcado como objetivo en 2020 de 50kWh/m<sup>2</sup>. El



Clima es para enfriar una sala. Entonces... ¿Es necesario poner los edificios a la sombra? La conclusión es que si es necesario. Primero hemos de limitar la demanda evitando la entrada de la radiación solar al edificio con un control solar automático. Un edificio cuesta 3 veces más enfriarlo que calentarlo. Después tendremos la eficiencia energética o rendimiento de las instalaciones como segundo valor, pero primero hay que evitar que entre el sol poniendo el edificio a la sombra. Y tercero incluir el máximo de energías renovables para conseguir un edificio de consumo casi nulo (EECN). La fachada dinámica es el primer control energético del edificio que mejora el confort lumínico y térmico de los usuarios al incrementar la iluminación natural reduciendo el consumo de luz artificial y climatización. Con el control solar reducimos el consumo de energía en el edificio y respeto por el medio ambiente contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO2 para conseguir centros de Consumo Casi Nulo.

El control solar automático también respeta la arquitectura de la fachada ya que es invisible cuando no es necesaria y además de ser flexible a los posibles cambios de uso del edificio en el futuro.

# REDUCCIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN LOS SISTEMAS DE ACS DE HOTELES MEDIANTE AEROTERMIA

**Francisco Javier Díaz Pérez**, Investigador, Universidad San Jorge, Zaragoza

**Adib Guardiola Mouhaffel**, Investigador, Universidad Las Palmas Gran Canaria

**Ricardo Díaz Martín**, Catedrático de Ing. Química y Materiales, Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)

**M<sup>a</sup> Rosa Pino Otín**, Vicedecana de Investigación, Universidad San Jorge, Zaragoza

**David Chinarro**, Vicedecano de Investigación, Universidad San Jorge, Zaragoza

Resumen: Se presenta un modelo de gestión y control de eficiencia energética adaptado a los patrones de consumo que aseguran las exigencias de confort e integrándose en el entorno de un complejo turístico inteligente. El análisis del sistema de agua caliente sanitaria (ACS) de dos hoteles en la isla de Fuerteventura con relación a su ocupación, arroja una solución basada en aerotermia, con bombas de calor de alta temperatura apoyadas por las calderas existentes. El control por autómatas programables (PLC) integrados en un sistema de control y adquisición de datos (SCADA) optimiza los sistemas para mantener la máxima energía acumulada durante los periodos de menor precio de esta. El resultado, tras un año y medio de registro de la actividad, es un retorno de la inversión más rápido debido a la gestión energética optimizada del sistema, mediante el control de horarios de funcionamiento ajustados a las necesidades de los clientes y la tarificación horaria.

**Palabras clave:** ACS, Aerotermia, SCADA, PLC, Eficiencia, Turismo

## INTRODUCCIÓN

El aumento contante del turismo en España es un hecho, y este pasado año 2017 ha vuelto a aumentar en un 4,4% el PIB turístico, situándose ya en el 11,5% del PIB total español [1] y dando trabajo al 13% de la población ocupada, lo que ha llevado el sector a posiciones destacadas en la económica española y ha posibilitado el alojamiento hotelero hayan empezado a remodelar sus instalaciones y equipamiento. Dentro de estas iniciativas de mejoras, y debido a la nueva concienciación de los clientes hacia el medio ambiente, se han hecho grandes esfuerzos en favor de la sostenibilidad de los destinos turísticos y la eficiencia energética de las instalaciones. Las empresas hoteleras han trabajado en los últimos años en la implantación de medidas de ahorro y eficiencia energética en múltiples instalaciones, apostando por la reducción de consumos y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mediante la implantación de métodos de gestión energética e implantación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en los sistemas de monitorización y control. Esta nueva "revolución verde" de la empresa turística está bien alentada por la Unión Europea (EU), la cual ha definido metas en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> al 20% para el año 2.020 respecto a las de 1.990 y estableciendo que el 20% del consumo total de energía provenga de las energías renovables (EERR). Además, ya se han establecido nuevos objetivos para futuras etapas, fijando para el 2.030 una reducción del 40% de las emisiones respecto las de 1.990, el 27% de EERR, aumento de la eficiencia energética en un 27-30% y un 15% de interconexión eléctrica, es decir, que la electricidad generada en la EU debe poder transportarse a otros estados miembro. Para el año 2.050 la EU determina un 80-95% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990. Con estas pautas de mejora en la gestión y ahorro energético, el sector turístico se ha lanzado a la implantación de tecnologías de reducción de consumos y en la certificación de los establecimientos y destinos, lo que ha conllevado un aumento de los diferentes sistemas de certificación y de empresas certificadas.

La importancia de estos cambios, son debidos a dos motivos claros. Uno es la necesidad de reducir los consumos energéticos de las instalaciones, cumpliendo las expectativas de los clientes, pero sin reducir los servicios ofrecidos. El segundo obedece al cambio de mentalidad de los clientes, quienes empiezan a valoran los destinos y establecimientos atendiendo a la sostenibilidad ambiental de sus instalaciones y servicios. Dentro de estos destinos turísticos, hemos tomado como ejemplo dos establecimientos de las Islas Canarias, donde el sector turístico es el motor principal de la economía, representando en el año 2016 el 34,3% del PIB, generando el 39,7% del empleo en las islas [2], en donde las estancias turísticas han aumentado en un 27% desde el año 2010 al 2016 y es un archipiélago donde el 63% de su territorio se encuentra declarado como reserva de la biosfera por la

UNESCO. En esta singular área turística, centramos la atención en el estudio de los sistemas de ACS de dos establecimientos hoteleros de la isla de Fuerteventura, donde el 100% de su superficie es considerada reserva de la Biosfera.

La razón de centrarse en el ACS es que se ha comprobado en múltiples investigaciones como la suma de la climatización y el ACS son los principales consumidores de energía, dependiendo el porcentaje de cada uno de la zona geográfica de estudio. Por ejemplo, en los hoteles del Caribe el 48% de la energía eléctrica se consume en aire acondicionado (AA) [3], en Hong Kong el AA representa el 45% del consumo eléctrico [4], en los hoteles de las islas Baleares el consumo de energía total está entre 22% para el ACS, el AA el 14% y la calefacción el 21% [5], en los hoteles en Estados Unidos los consumos se dividen, de forma general, la climatización el 31% el AA el 15% y el ACS el 17% y el resto para otros usos [6], en Gran Bretaña la distribución típica es del 47% en calefacción y el 20% en ACS [7], y en Grecia la distribución típica es del 35% en calefacción, el 15% en AA y 22% en ACS [8].

## CASO DE ESTUDIO

Las instalaciones analizadas pertenecen a dos hoteles de cuatro estrellas de 333 y 354 habitaciones, designados como H1 y H2 respectivamente, al no hacer referencia a su nombre debido a la protección de datos de las empresas, donde se han sustituidos sus sistemas de calentamiento de ACS basados calderas de GLP, por sistemas basados en tecnología de aerotermia de bombas de calor de alta temperatura. El resultado ha sido una reducción de los consumos energéticos para la producción del ACS entre el 62% y el 72% y de disminución económica del gasto en la producción de la misma, entre el 70% y el 79%. En la Tabla I se muestran las principales consideraciones que se han tenido en cuenta en las propuestas iniciales para escoger un sistema alternativo de calentamiento, considerando prioritario el suministro de combustible y el servicio técnico de los equipos a instalar, teniendo en cuenta la particularidad del destino geográfico y la consideración de su doble insularidad, de donde se iban a instalar los nuevos sistemas.

NOMBRE	POSITIVO	NEGATIVO
Caldera GLP / Gasoil	Facilidad de instalación y precio	Emisiones, eficiencia, contaminación y precio combustible.
Caldera con recuperación	Facilidad de instalación	Emisiones, contaminación y precio combustible.
Solar térmica	Emisiones nulas, energía gratuita	Superficie de instalación, inversión inicial precio
Geotermia	Emisiones, eficiencia	Obra civil, inversión inicial, precio electricidad
Aerotermia	Emisiones, facilidad instalación, eficiencia	Inversión inicial, precio electricidad
Biomasa	Emisiones	Obra civil, falta proveedores de combustible, espacio para el silo de combustible

Tabla I. Resumen de consideraciones que se tuvieron en cuenta para escoger el sistema de ACS.

Los datos con los que se cuentan inicialmente son la ocupación anual y el consumo total de GLP de cada complejo. Mediante los estudios de instalaciones previas de hoteles de la misma categoría y zona climática, se ha comprobado que el consumo promedio de los clientes es de unos 70 L/día de ACS, y el porcentaje de consumo del total de GLP por el ACS respecto de los consumidores restantes —cocinas y lavandería según casos— se encuentra entre el 60% y 75% del consumo total [9]. Con estos datos de partida y una vez escogidos los posibles sistemas de calentamiento, se estudió la posibilidad de usar un sistema basado en aerotermia y en biomasa, cuyos pronósticos de gastos de funcionamiento e inversiones iniciales se pueden comprobar en la Tabla II, donde se calculó un coeficiente de rendimiento (COP) teórico para las bombas de calor de 2,4, siendo este dato conservador para el cálculo inicial e inferior del real. Para poder realizar pronósticos lo más ajustados y reales posibles, es necesario tener la mayor cantidad de valores exactos y no estimaciones, por lo cual la gestión energética de los establecimientos es fundamental para poder realizar estos cálculos y pronósticos de mejoras de sistemas energéticos.

ACTUAL	HOTEL H1 (333 habitaciones)	HOTEL H2 (354 habitaciones)
GLP Total	100.455	142.260
GLP ACS	70.318	99.582
Demanda térmica ACS kWh	801.839	1.135.531

Coste GLP	123.057		174.268	
<b>PROYECTO</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Bomba Calor</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Bomba Calor</b>
<b>Inversión</b>	145.000 €	135.000 €	198.000 €	145.000 €
<b>Consumo kWh</b>	871.565	334.100	1.234.273	473.138
<b>Coste energía</b>	41.684 €	30.069 €	59.030 €	42.582 €
<b>Ahorro</b>	81.373 €	92.988 €	115.238 €	131.686 €
<b>Retorno inversión años</b>	1,78	1,45	1,72	1,10

Tabla II. Proyección de consumos y gastos de instalación.

El resultado escogido de las alternativas analizadas fue la aerotermia como sistema a implantar en ambos hoteles, al tener en cuenta la cantidad de empresas que conocen estas tecnologías y que el combustible de biomasa en Canarias aún no está muy extendido y su rendimiento se ve reducido debido al transporte [10]. La solución consiste en bombas de calor de alta temperatura de 151,2kW y 201,6kW en los hoteles H1 y H2 respectivamente, las cuales están apoyadas de forma puntual mediante las calderas existentes y reguladas por un sistema de control basado en PLC y con conexión a ordenador mediante un sistema SCADA. Para los cálculos del sistema para que cumpla con la normativa actual, se ha tenido en cuenta las directrices de la Comisión Europea para estimar valores que puedan considerar energía procedente de fuentes renovables [11], y teniendo en cuenta el dato de la eficiencia de los equipos que regula el factor de rendimiento estacional (SPF). También se ha tenido en cuenta el documento del IDAE que según éste [12], el SPF se calcularán multiplicando su COP por un factor denominado factor de ponderación representativo (FP) y por un factor de corrección (FC). Inicialmente realizamos los cálculos del COP total del equipo teniendo en cuenta la temperatura de funcionamiento y la ambiental de disipación para Fuerteventura y en las tablas del fabricante se consiguen los valores de consumo eléctrico y generación térmica, dándonos un valor de 2,89. Para determinar el SPF de la bomba de calor obtenemos el FP y el FC de las tablas del IDAE conforme a la zona climática del emplazamiento del hotel y al tipo de bomba de calor empleado.

$$SPF = COP_{\text{nominal } 60^{\circ}\text{C}} \times FP \times FC = 2,89 \times 0,87 \times 1 = 2,51$$

Una vez se ha verificado que el SPF de la bomba supera el mínimo de SPF=2,5, se puede considerar que el calor producido por la bomba procede de fuente renovable de ambas instalaciones. Una vez escogido el sistema de calentamiento renovable, se puede observar en la Figura 1 el esquema de funcionamiento del sistema de ACS que se ha instalado en los hoteles, siendo ambos iguales. Los sistemas están formados por 5 acumuladores de 5000L —tres para calentamiento directo por calderas / bombas de calor y 2 para precalentamiento mediante la recuperación del aire acondicionado (AA) cuando está en marcha—, los intercambiadores correspondientes y las bombas de circulación. Los circuitos primarios de calderas lo forman 2 calderas 280kW en el hotel H1 y 2 de 290kW en el H2.

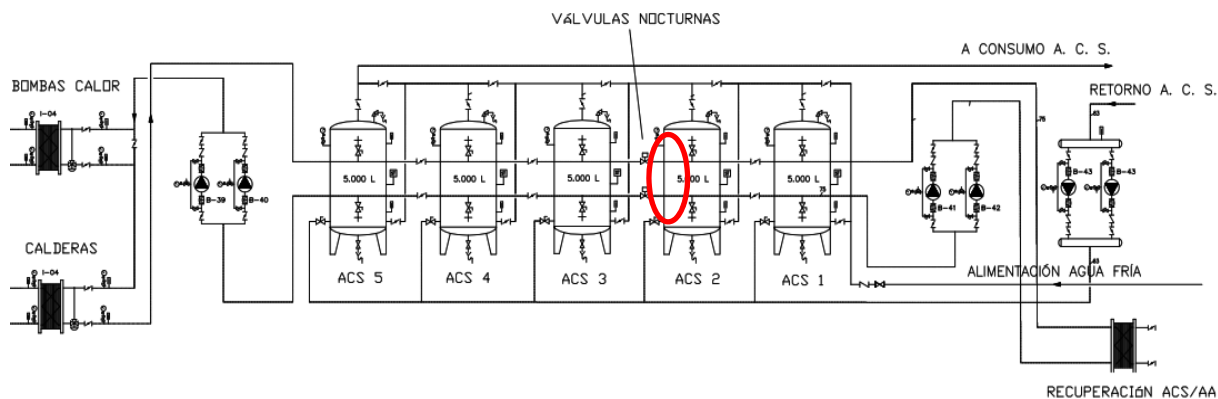


Figura 1. Esquema de instalaciones del sistema de ACS de los hoteles de estudio.

El principio de funcionamiento del sistema es el siguiente: prioridad a las bombas de calor para el calentamiento de los 3 acumuladores de ACS (ACS 3, 4 y 5), y en caso de que en 45 minutos no llegase a la temperatura de consigna (60°C) entrarían las calderas como sistema de apoyo. El sistema de recuperación del AA precalienta los 2 acumuladores de recuperación (ACS 1 y 2). Al sistema se le han añadido 2 válvulas motorizadas, que aparecen señaladas en el esquema como “válvulas nocturnas”, las cuales se accionan cuando no está funcionando el sistema de AA y en el horario de tarifa eléctrica más económica P6, para acumular la mayor cantidad de agua a la temperatura de trabajo, para lo cual también se aumenta la temperatura de consigna a 65°C, para poder acumular en los 5 acumuladores existentes la máxima energía posible durante los periodos de menor precio de la misma y de esta forma, reducir el precio medio del kWh eléctrico útil. El sistema de control PLC está formado por equipos Siemens y Sauter, los cuales se han integrado entre sí para el control de los dispositivos de campo, y un SCADA donde se pueden programar los diferentes horarios, consignas y prioridades del sistema. La importancia de la configuración de la programación es vital para poder conseguir las mayores reducciones de consumo energético y gasto económica para la generación de energía, teniendo en cuenta las prioridades de los horarios de uso del ACS por los clientes y para poder adecuar el calentamiento de la mayor cantidad de agua durante las tarifas más económicas. El conocimiento de los horarios de consumo se hace fundamental para el buen funcionamiento del sistema, ya que de la programación de estos y de las consignas de funcionamiento, depende el mayor o menor ahorro económico que se va a conseguir en la instalación, como también se ha comprobado en ambos hoteles con programaciones diferentes de tiempos y consignas. En la Figura 2 se muestran varias pantallas de funcionamiento del SCADA, donde se pueden observar los diferentes controles de bombas, temperaturas del sistema, programación de los horarios de funcionamiento y estado de los equipos.

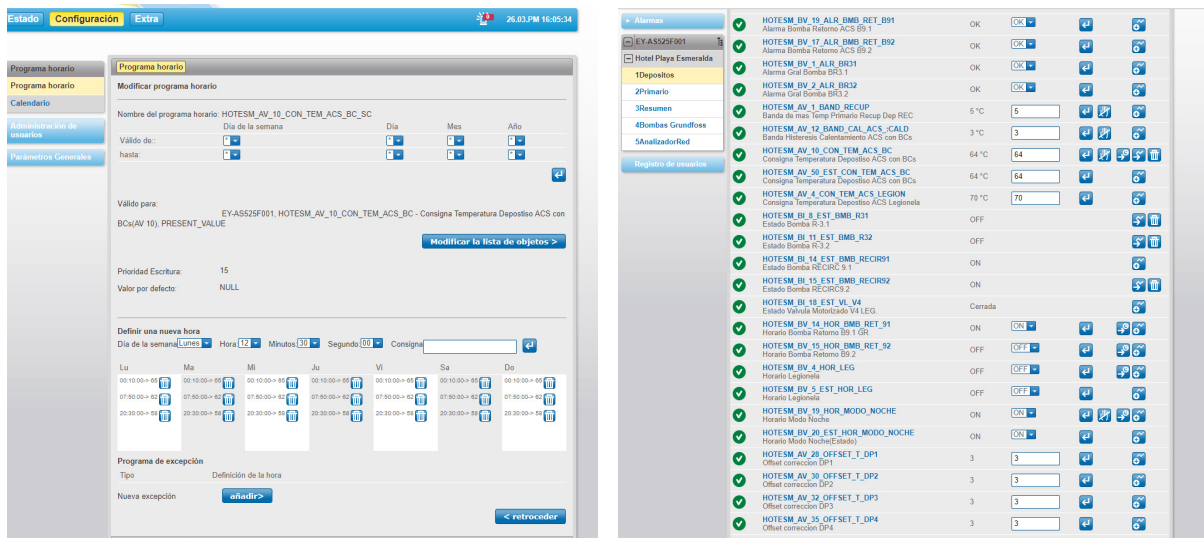


Figura 2. Scada de control del sistema de ACS con Bb de calor.

Los sistemas se pusieron en marcha en los hoteles en septiembre y diciembre de 2015 en el hotel H1 y H2 respectivamente. Los resultados, después de cerca de un año y medio de seguimiento de la actividad, han sido muy satisfactorios, con un retorno de la inversión más rápido de lo que se tenía proyectado inicialmente. También se ha comprobado como mediante la posibilidad de ajustes, de tiempos, horarios y temperaturas se consiguen mayores ahorros con la correcta gestión de parámetros, como se realiza en el hotel H1 respecto del H2. En la Figura 3 se pueden observar las gráficas de consumo energético y gasto por cliente-día de ACS de los hoteles, comprobándose gráficamente la disminución de éstos en el año 2016 debido a la nueva instalación de aerotermia.

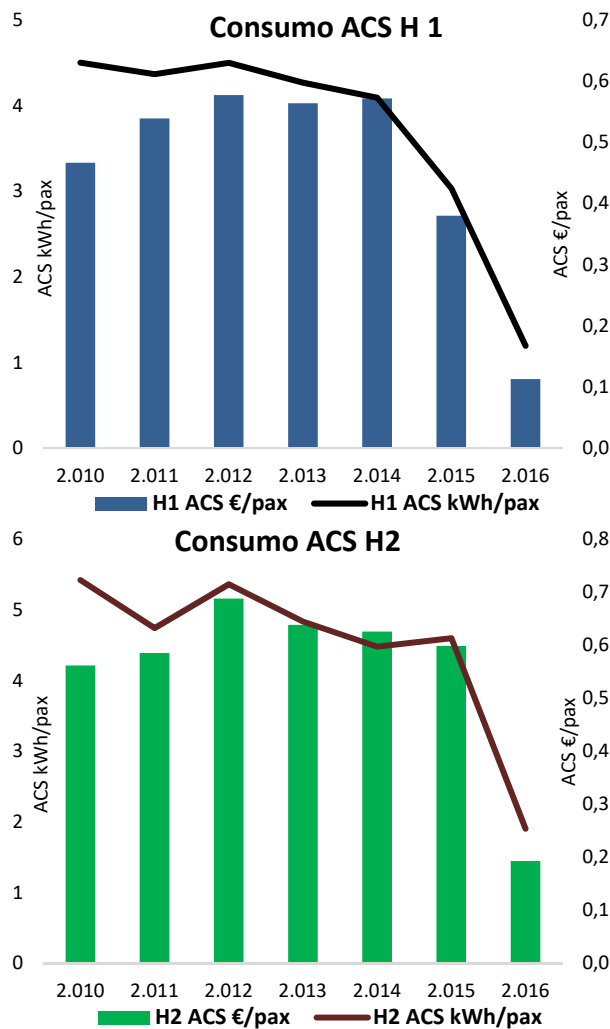


Figura 3. Gráfico de disminución de consumos de energía en ACS por cliente noche.

En la Tabla III se puede observar la evolución de costos energéticos de los establecimientos, comprobándose como el promedio de gasto en ACS por cliente alojado de los últimos años (2010-2014) respecto del año 2016 ha disminuido un 79,3% y 68,9%, pasando de una media de 0,54 €/pernoctación(=pax) y 0,62 €/pax, ha pasado a 0,11 €/pax y 0,19 €/pax por hotel respectivamente. Comparamos los datos de ahorro de los años 2010 a 2014, ya que el 2015 se puso en marcha a final de año, se comprueba cómo debido al precio del kg de GLP, la amortización de los equipos se ha producido en menos tiempo que el que se tenía estimado, ya que también el consumo real ha sido inferior al proyectado debido al control por PLC que optimiza el funcionamiento por horarios y consignas de funcionamiento. En consecuencia, la instalación ya ha sido amortizada en el tiempo que lleva en marcha y actualmente está generando beneficios. El ahorro energético total en kWh anuales es superior a los 600.000 kWh en ambos sistemas. El consumo aproximado de GLP por las calderas de apoyo, se ha considerado un 5% del consumo total de gas en el hotel H1 y de un 15% en el H2, debido a los excesivos consumos puntuales de ACS en horas puntas, principalmente durante las mañanas entre las 8:00-10:00h y las tardes entre las 18:00-20:00h, siendo necesario el apoyo de las calderas para no sobredimensionar la instalación de bombas de calor. La diferencia de consumo de gas es debido, como se ha comentado, a el uso de sistemas de control más optimizados

en el hotel H1 que el H2, con una diferencia superior al 37% entre la energía consumida por cliente de un hotel respecto del otro.

HOTEL	ENERGÍA	UNIDAD	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
H1	Electricidad	Elec €/pax	1,55 €	1,50 €	1,46 €	1,22 €	1,23 €	1,20 €	1,10 €	
		Elec kWh/pax	17,73	16,49	15,21	13,77	13,22	12,51	12,08	
		Elec ACS kWh/pax						0,50	1,11	
		Elec ACS €/pax						0,05 €	0,10 €	
	GLP	GLP €/pax	0,67 €	0,77 €	0,82 €	0,81 €	0,82 €	0,52 €	0,23 €	
		GLP kWh/pax	6,43	6,24	6,43	6,10	5,84	3,94	1,79	
		GLP ACS kWh/pax	4,50	4,37	4,50	4,27	4,09	2,53	0,09	
		GLP ACS €/pax	0,47 €	0,54 €	0,58 €	0,56 €	0,57 €	0,33 €	0,01 €	
	Energía TT	kWh / pax	24,15	22,73	21,63	19,86	19,06	16,45	13,87	
		Energía €/pax	2,22 €	2,27 €	2,29 €	2,02 €	2,04 €	1,72 €	1,34 €	
	ACS	H1 ACS kWh/pax	4,50	4,37	4,50	4,27	4,09	3,03	1,19	
		H1 ACS €/pax	0,47 €	0,54 €	0,58 €	0,56 €	0,57 €	0,38 €	0,11 €	
	H2	Electricidad	Elec €/pax	1,66 €	1,43 €	1,56 €	1,47 €	1,55 €	1,60 €	1,62 €
			Elec kWh/pax	18,97	15,76	16,26	16,66	16,69	16,72	17,76
Elec ACS kWh/pax								0,12	1,41	
Elec ACS €/pax								0,01 €	0,13 €	
GLP		GLP €/pax	0,80 €	0,90 €	1,06 €	0,98 €	0,96 €	0,80 €	0,43 €	
		GLP kWh/pax	7,75	7,30	8,25	7,44	6,89	6,11	3,30	
		GLP ACS kWh/pax	5,42	4,74	5,37	4,84	4,48	4,48	0,49	
		GLP ACS €/pax	0,56	0,59	0,69	0,64	0,63	0,59	0,06	
Energía TT		kWh / pax	26,72	23,06	24,51	24,10	23,58	22,83	21,06	
		Energía €/pax	2,47 €	2,33 €	2,62 €	2,45 €	2,51 €	2,40 €	2,05 €	
ACS		H2 ACS kWh/pax	5,42	4,74	5,37	4,84	4,48	4,60	1,90	
		H2 ACS €/pax	0,56 €	0,59 €	0,69 €	0,64 €	0,63 €	0,60 €	0,19 €	

Tabla III. Valores de consumos obtenidos.

## CONCLUSIÓN

La inversión en la reducción de consumos energéticos es el camino a seguir para poder mantener los estándares actuales de calidad y medioambientales que demandan los clientes, pero sin reducir los servicios prestados ni aumentar los gastos de operación. Se ha comprobado como con el sistema planteado, una vez implantado y gestionado correctamente se mantienen unas altas tasas de rentabilidad y unas amortizaciones muy rápidas, lo cual produce unos ahorros que ayudan a rentabilizar la explotación económica del hotel y dan la posibilidad de poder reinvertir los ahorros económicos conseguidos en la modernización de otras instalaciones o en ofrecer más servicios a los clientes. La gestión correcta de horarios y consignas de funcionamiento se ha demostrado como prioritario para el correcto funcionamiento de las instalaciones, por lo cual la formación de los equipos humanos que gestionan las instalaciones, es muy importante para conseguir los objetivos planteados. Queda en manos de

los propietarios o explotadoras de las instalaciones hoteleras, el mentalizarse y realizar estas mejoras en sus instalaciones, así como en las instituciones el legislar e informar sobre estas tecnologías y su aplicación a los edificios actuales, para conseguir que los edificios actuales se puedan considerar edificio de energía cero (ZEB) o casi cero (nZEB). La energía hay que gestionarla de forma eficaz y el futuro pasa por la estandarización de esta gestión de consumos energéticos mediante la implantación de normas de gestión energética, con el fin de poder hacer mejoras continuas de las instalaciones con los datos reales de los diferentes consumidores de energía, las mejoras a realizar para aumentar el rendimiento y eficiencia de los sistemas, así como la sostenibilidad de los mismos, y mediante las auditorías energéticas externas para comprobar de forma imparcial la evolución de los sistemas.

## REFERENCIAS

- [1] Exceltur (2018). Perspectivas turísticas. Valoración turística empresarial de 2017 y perspectivas para 2018. N.º 63, enero 2018
- [2] Exceltur (2017). Impactur Canarias 2016. Estudio del impacto económico del turismo sobre la economía y el empleo de las islas Canarias
- [3] Monzón-Alejandro, O.A. y Colmenar-Santos, A. (2016). Electrical Engineering Electronic Journal, volume 1, pp. 145-151.
- [4] Shiming, D. y Burnett, J. (2002). Energy use and management in hotels in Hong Kong. International Journal of Hospitality Management, volume 21, issue 4, pp. 371–380.
- [5] Moia-Pol, A., Karagiorgas, M., Coll-Mayor, D. et al (2006). Evaluation of the Energy Consumption in Mediterranean islands Hotels: Case study: the Balearic Islands Hotels. Renewable Energy & Power Quality Journal, volume 1, pp 106-110.
- [6] HES, (2011). Best practices guide – successful renewable energy technologies integration in SME hotels: Hotel Energy Solutions project publications.
- [7] The Carbon Trust (2015). Hospitality, saving energy without compromising service.
- [8] Karagiorgas, M., Tsoutsos, T. y Moia-Pol, A. (2007). A simulation of the energy consumption monitoring in Mediterranean hotels: Application in Greece. Energy and Buildings, volume 39, issue 4, pp. 416-426.
- [9] Díaz Perez, F.J., Chinarro, D., Guardiola, A. et al. (2017). A Review of Green Impact in Canary Tourism Economy. Biotechnol Ind J., volume 13, issue 1, pp. 1-12
- [10] Díaz Matín, R., Sanglier Contresras, G. y Guardiola, A (2014). Mathematically simulated transportation of pellets and olive stones. J. Mater. Environ. Sci., volume 6, issue 5, pp. 1469-1479.
- [11] EU (2009), Directiva 2009/28/CE del parlamento Europeo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- [12] IDAE, (2014). Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios.



# LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL ESPACIO - LA INMÓTICA IMPLEMENTADA DENTRO DE LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

**María Fernanda Martínez González**, Programa de Maestría, Campo de Conocimiento: Diseño Arquitectónico, Universidad Nacional Autónoma de México

**Resumen:** La presente investigación consta de un análisis que desarrolle a lo largo de mi maestría en diseño arquitectónica de la Universidad Nacional Autónoma de México, sobre la tecnología inmótica y su influencia en el proceso de diseño arquitectónico, así como las consideraciones arquitectónicas que se deben implementar en el diseño y transformación de espacios, la importancia de esta investigación tiene lugar, debido a que la utilidad tecnológica va en aumento y esta ha ido transformando el estilo de vida actual y la forma en como nos desenvolvemos ante el mundo, este fenómeno ha trascendido al rubro de la arquitectura, sin duda está cada vez más presente en el desarrollo de las actividades cotidianas, al grado tal de que mediante inteligencia artificial se puede predecir nuestros gustos, preferencias, intereses y necesidades, es por esto que el tema de investigación además de proponer una reflexión hacia el futuro de los espacios arquitectónicos, la inminente conexión del internet de las cosas en las edificaciones, la labor de los arquitectos y sobre todos la interacción: espacio-usuario-tecnología, busca la creación de estrategias de diseño que permitan la incorporación de la tecnología de automatización inmótica pero no solo desde un punto de vista técnico, sino más bien desde un enfoque perceptual, es decir ¿Qué beneficios y consecuencias traen consigo estas aplicaciones? ¿Cuál es la aceptación que los habitantes tienen ante dichas inclusiones tecnológicas? ¿En que momento del proceso de diseño se deben considerar?

**Palabras clave:** Tecnología, Inmótica, Diseño, Arquitectura, Inteligencia Artificial, Transformación, Habitabilidad, Percepción

## INTRODUCCIÓN: MARCO DE REFERENCIA TECNOLÓGICO

Si bien en caricaturas, películas y textos entre otros nos hablaban desde años atrás de un futuro, en ese momento distante, en el cual las maquinas serían las que realizarían diversas actividades cotidianas que servirían a los seres humanos, esto hoy ya es una realidad con la cual convivimos todos los días.

En general estos implementos tecnológicos han cambiado la cotidianidad y terminan siendo de gran apoyo para la realización de diversas actividades, cabe mencionar que la arquitectura no ha estado exenta de ser vulnerable a los cambios de estilos y usos de materiales o sistemas constructivos a lo largo del tiempo, respondiendo a la época para la cual fueron creados, sin embargo actualmente existe un fenómeno por el cual diversas edificaciones no están respondiendo a la era tecnológica que se esta viviendo, en un análisis inicial puedo plantear que en primer lugar sigue existiendo un rechazo en la inclusión de este tipo de tecnologías creyendo innecesario o subestimando su importancia y por otra parte falta de conocimiento de cómo integrar estos factores en el diseño arquitectónico.

Por tecnología se entiende: un conjunto de conocimientos propios de una técnica." Dichas técnicas son las que permiten la creación o modificación de nuevos instrumentos. La Tecnología responde al deseo y la voluntad que tenemos como personas de transformar nuestro entorno. Por ello al hablar de nuevas tecnologías nos referimos a la creación de nuevas técnicas.

Dentro de estas técnicas se encuentra la inteligencia artificial, encargada de proporcionar al sistema las predilecciones de acuerdo a las necesidades del usuario para una mayor optimización y simplificación de un determinado objeto tecnológico; y por otro lado el internet de las cosas, sugiere que todas las cosas del mundo estén ligadas una red llamada Internet, en mi perspectiva estos dos conceptos van de la mano ya que uno sin el



Figura 1. Esquema de interrelación arquitectura – tecnología.

otro no podría funcionar pero como un tercer participante cabe mencionar la interacción del usuario, en el caso que nos compete al hablar sobre un objeto arquitectónico el usuario de dicha red, es el habitante motivo por el cual debemos tomar en consideración al mismo.

## PERCEPCIÓN DEL ESPACIO TECNOLÓGICO

En el ámbito perceptual es en donde entra el análisis de la interacción habitador-espacio, desde un punto de vista de la psicología ambiental, la cual tiene como principio el estudio de la relación del individuo con el medio dentro del cual se desarrolla como en el primer capítulo se menciona el aspecto cultural y el valor de la significación esta muy relacionado con el ámbito perceptual del habitador, ya que este mediante la relación que logre crear con el espacio estará estipulando una valoración del entorno, de la misma forma que buscare incluir nuevos elementos (como puede ser elementos de automatización inmóticos), que resulten para él, representativos y satisfactorios en la búsqueda de un identidad propia del espacio.

La psicología ambiental, además se desarrolla bajo los principios de habitabilidad de:

- Confort
- Funcionalidad
- Privacidad
- Seguridad
- Significación

Por otra parte, encontramos que los valores que principalmente gestiona la tecnología inmótica son:

- Accesibilidad
- Comunicación y entretenimiento
- Confort
- Energía
- Control de Accesos
- Seguridad



Figura 2. Relación de beneficios inmóticos.

Analizando los anteriores conceptos encontramos que están ampliamente ligados, es por esto que para el caso de estudio dichos factores se han entrecruzado para conocer el resultado: por una parte la aceptación de los habitantes de los espacios arquitectónicos ante la implementación de elementos de automatización tecnológica, así como la posible propuesta de estrategias de diseño arquitectónico en la que se integre de manera integral y satisfactoria los elementos inmóticos, dentro de la edificación.

## CASO DE ESTUDIO: CLÍNICA – HOSPITAL APATZINGÁN. MICHOACÁN. MÉXICO

Los edificios para la salud son parte integrante del equipamiento físico que la sociedad requiere para su desarrollo. Su función es incidir directamente en el bienestar de la población, ya que es en estos edificios donde se proporcionan servicios comunitarios, particularmente en materia de salud física y mental, ya sea preventiva, curativa o de rehabilitación.

El caso de estudio que se aborda es la Clínica Hospital en el municipio de Apatzingán en Michoacán, la elección de este caso de estudio se basa en la necesidad de remodelación y ampliación de la propia clínica hospital, así como su intención por la inclusión de tecnología inmótica en sus instalaciones para su optimización y mejora.

Ubicado en: Avenida Francisco I. Madero Esq. Matías Romero, Col. Buenos Aires, Apatzingán de la Constitución, Michoacán.

La aplicación inmótica en los hospitales sirve como una herramienta para conseguir una gestión y atención eficiente.

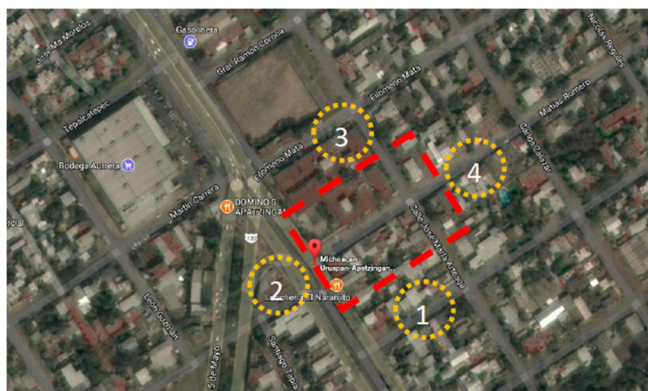


Figura 3. Imagen Satelital, localización del predio.



Figura 4. Vista del Acceso.



Figura 5. Vista fachada principal. Figura 6. Vista fachada lateral este. Figura 7. Vista estacionamiento unidad en fachada posterior.

## METODOLOGÍA

Para el estudio de este caso, se tomaron en cuenta opiniones técnicas profesionales de arquitectos especializados en edificios de salud, ingenieros y afines especializados en tecnología domótica e inmótica, la opinión perceptual de los usuarios y la propia vivencia personal al hacer dicho análisis. Para lograr hacer un adecuado análisis, que incluyera: los principios de habitabilidad y la gestión inmótica, ambos ejes rectores aparecieron de manera constante durante el estudio y permitieron entrelazar la parte perceptual con la parte técnica.

Ejes rectores de análisis en el caso de estudio	
Principios de habitabilidad	Gestión Inmótica
Confort	Accesibilidad
Funcionalidad	Comunicación y entretenimiento
Privacidad	Confort
Seguridad	Energía
Significación	Control de Accesos
	Seguridad

Tabla I. Ejes rectores dentro de la investigación.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN INMÓTICA CON BASE EN LOS PRINCIPIOS DE HABITABILIDAD

Fundamentado con la interpretación resultante de la aplicación de encuestas a usuarios de la clínica hospital, entrevistas a especialistas y opinión personal.

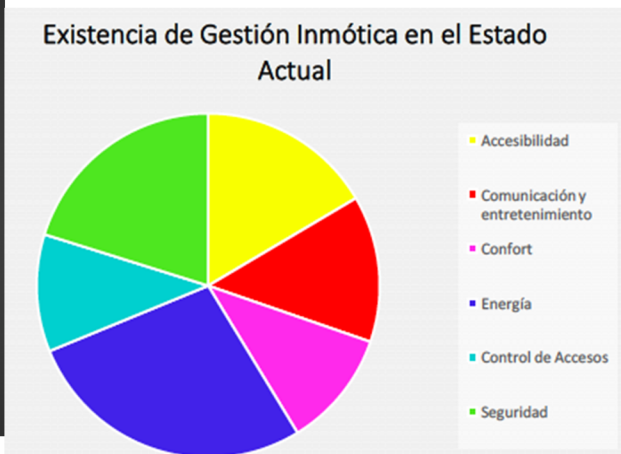
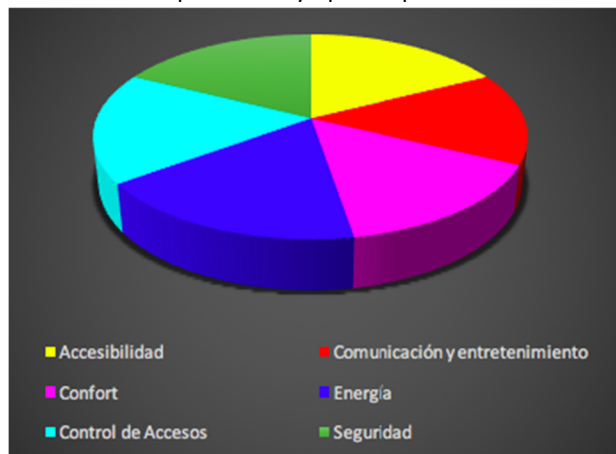


Figura 8. Existencia de tecnología aplicada a la edificación en el Estado Actual. Figura 9. Prospectiva de la implementación tecnológica en etapa de remodelación ampliación, opinión de usuarios.

Interpretación de información cruzada con la opinión de usuarios, experiencia personal en sitio, recomendaciones técnicas arquitectónicas e inmóticas, dando por resultante las estrategias de diseño a tomar en consideración e implementación para dicha gestión inmótica. Estos resultados pueden ser aplicables a cualquier tipo de edificación destacando los edificios públicos ya que son estos los que más afluencia de usuarios tienen y en los cuales la automatización facilita las actividades cotidianas.

GESTION INMÓTICA	PRINCIPIOS DE HABITABILIDAD	CONSIDERACIONES DE HABITABILIDAD	ESTRATEGIA DE DISEÑO
ACCESIBILIDAD	CONFORT	Elementos de luz y sonido que guíen a las personas con discapacidad visual	1. Sistemas de altavoces cuyos decibeles estén calculados de acuerdo a la dimensión de la habitación donde serán instalados. 2. Líneas de redes inalámbricas cerradas destinadas a uso específico del personal. Líneas de redes inalámbricas abiertas para uso de los usuarios en general 3. Uso de elementos interactivos de comunicación, entretenimiento e información.
	FUNCIONALIDAD	Rampas automatizadas, sensores de puertas, etc.	
	PRIVACIDAD	En habitaciones y sanitarios al requerir menor asistencia, gracias a la predisposición de uso del sistema.	
	SEGURIDAD	Detección y reconocimiento (facial, dactilar) de usuarios.	
	SIGNIFICACIÓN	Anticipar acciones, ante las necesidades de los usuarios	
COMUNICACIÓN Y ENTRETENIMIENTO	CONFORT	Redes inalámbricas, pantallas interactivas	1. Sistemas de altavoces cuyos decibeles estén calculados de acuerdo a la dimensión de la habitación donde serán instalados. 2. Líneas de redes inalámbricas cerradas destinadas a uso específico del personal. Líneas de redes inalámbricas abiertas para uso de los usuarios en general 3. Uso de elementos interactivos
	FUNCIONALIDAD	Pantallas informativas, sistemas que permiten anticipar las acciones de los usuarios según sus necesidades	
	PRIVACIDAD	Elementos interactivos, sistemas wireless	
	SEGURIDAD		

	SIGNIFICACIÓN		de comunicación, entretenimiento e información.
CONFORT	FUNCIONALIDAD	Conexiones inalámbricas, elementos interactivos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adecuada iluminación para el local que será intervenido.</li> <li>2. Regulación de temperatura.</li> <li>3. Dimensiones espaciales adecuadas para el usuario y su interacción con el entorno y los implementos tecnológicos.</li> <li>4. Asegurar una previa capacitación a los operadores de dichos elementos para garantizar su mantenimiento y durabilidad, así como asesoraría a los usuarios.</li> </ol>
	PRIVACIDAD	Detección de usuarios mediante reconocimiento biométrico (facial, dactilar, etc.)	
	SEGURIDAD		
	SIGNIFICACIÓN	Sistemas de reconocimiento de preferencias y requerimientos de usuarios	
ENERGÍA	CONFORT	Instalación de alumbrado auto regulable.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalación de contactos regulados, contactos a tierra y contactos de emergencias. Balanceo de tableron y separación de conexiones por secciones del inmueble.</li> <li>2. Cableado de datos con materiales de nueva generación como lo es fibra optica, o similar.</li> <li>3. Mantenimiento regular de las instalaciones.</li> <li>4. Instalación de sensores de detección de movimiento, de sonido, de temperatura, etc, para la activación de iluminación, aire acondicionado, accesos, sistemas de asistencia (paciente-enfermera), aprovechamiento de agua (captación, tratamiento y uso)</li> <li>5. Instalación de planta de emergencia, para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas de automatización.</li> <li>6. Instalación de alumbrado autoregulable.</li> </ol>
	FUNCIONALIDAD	Sensores de iluminación, detección de movimiento, temperatura, predisposición de preferencias del usuario.	
	PRIVACIDAD		
	SEGURIDAD	Detección de usuarios mediante reconocimiento biométrico (facial, dactilar, etc.), con estos permiten la gestión energética y su ahorro con el apagado de sistemas que no estén en uso.	
	SIGNIFICACIÓN	Elementos interactivos con predisposición del sistema al reconocimiento y preferencias, necesidades de los usuarios.	
CONTROL DE ACCESOS	CONFORT	Instalación de sensores de detección de movimiento, de sonido, de temperatura, etc, para la activación el control de accesos, que generan y garantizan seguridad y tranquilidad a los usuarios de la edificación.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalación de diversas redes de reconocimiento de movimiento y usuarios.</li> <li>2. Instalación de planta de emergencia, para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas de automatización.</li> <li>3. Sistemas de altavoces cuyos decibeles esten calculados de acuerdo a la dimensión de la habitación donde serán instalados.</li> <li>4. Líneas de redes inalámbricas cerrada, destinadas a usos específicos (personal) Redes inalámbricas cerradas destinadas a usos específicos de personal. Redes inalámbricas para uso en general.</li> </ol>
	FUNCIONALIDAD		
	PRIVACIDAD		
	SEGURIDAD		
	SIGNIFICACIÓN		

			5. Elementos interactivos de comunicación, entretenimiento e información.
<b>SEGURIDAD</b>	CONFORT	Instalación de sensores de detección de movimiento, de sonido, de temperatura, etc, para la activación el control de accesos, que generan y garantizan seguridad y tranquilidad a los usuarios de la edificación.	1.Instalación de diversas redes con reconocimiento de movimiento, temperatura y usuarios.
	FUNCIONALIDAD		2. Instalación de planta de emergencia, para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas de automatización.
	PRIVACIDAD		3. Sistemas de altavoces cuyos decibeles esten calculados de acuerdo a la dimensión de la habitación donde serán instalados.
	SEGURIDAD		4. Líneas de redes inalámbricas cerradas, destinadas a usos específicos de personal. Redes inalámbricas para uso en general
	SIGNIFICACIÓN		5. Elementos interactivos de comunicación, entretenimiento e información.

Tabla II. Aspectos clave implementación.

## CONCLUSIONES

En relación con la gestión inmótica, encuentro que la accesibilidad, comunicación, entretenimiento, confort y seguridad, se identifican con el aspecto simbólico, ya que la utilización de estos factores dentro de una sistema de automatización permite la personalización de las preferencias personales, siendo un reflejo de las características del habitante, mismas que permiten tener además de conocimiento, un vínculo de interacción con el espacio, en el que se le valora desde la perspectiva psicológica con una sensación de pertenencia, bienestar y de comodidad de flujo con el entorno. Lo anterior trayendo por conclusión la sensibilización y reflexión del gremio de arquitectos y diseñadores, así como la elaboración de estrategias de diseño arquitectónico que en conjunto con los principios de habitabilidad, originarán una inclusión de tecnología de automatización Domótica o Inmótica sensible y con sentido humano, en las edificaciones para la optimización de su entorno y funcionalidad de manera integral.

## REFERENCIAS

- Casillas Lavín, Gustavo Víctor. 2004. De la interfaz a la interfase La relación hombre-máquina más allá del paradigma de representación. México: UNAM.
- Mercado Domenech Serafín Joel. 1995. Habitabilidad de la vivienda urbana. México: UNAM.
- Negro Ponte. Nicolás. 1995. Ser Digital. Argentina Atlántida.
- Silver Pete. 2008. Introducción a la tecnología arquitectónica. España: Parramon.
- Steven Berlin, Johnson. 2004. Sistemas Emergentes: O Qué Tienen en Común Hormigas, Neuronas, Ciudades y Software. USA: Fondo de Cultura Económica.
- Varela, Francisco. Cuarta reimpresión 2005. Conocer. España: Gedisa
- <http://www.cedom.es/sobre-domotica/quees-inmotica> (06 de octubre de 2017)
- <http://www.muyinteresante.es/preguntas-respuestas/ique-es-elinternet-de-las-cosasq> (10 de marzo de 2018)
- <http://www.revista.unam.mx/vol.1/art3/index.html> (03 de octubre 2017).
- [https://www.relater.org/temas/Revolución\\_Digital](https://www.relater.org/temas/Revolución_Digital) (09 de febrero de 2018)

## HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ENERGÉTICAS EFICIENTES EN EDIFICIOS TERCIARIOS

**Silvia Sanjoaquín Vives, Miquel Balsells Luquin, Alejandra Sayans Jiménez & Francisco García-Luengo**

**Manchado**, Innovación Eficiencia Energética y Movilidad, Gas Natural Fenosa

**María Carnal Fusté**, Innovación Smart Client, Gas Natural Fenosa

**M<sup>a</sup> Carmen Guerrero Delgado, Servando Álvarez Domínguez, José Sánchez Ramos & Francisco José Sánchez de la Flor**, Grupo de Termotecnia, AICIA (Universidad de Sevilla)

**Resumen:** El desarrollo de plataforma PIDIM permitirá proporcionar soluciones de valor añadido vinculadas a servicios energéticos de instalaciones de generación distribuida de electricidad, calor y frío en edificios terciarios. La principal ventaja de esta herramienta frente a otras existentes es que permite diseñar de forma rápida y sencilla nuevas soluciones energéticas complejas e innovadoras, que integran soluciones combinadas de equipos de alta eficiencia y energías renovables. Un ejemplo de ello es la presencia de un módulo específico en la herramienta para la simulación de un sistema de carga inteligente para vehículos eléctricos y su posterior conexionado a un sistema fotovoltaico con almacenamiento energético.

**Palabras clave:** Software, Diseño, Energía, Instalaciones, Rehabilitación, Terciario, Eficiencia, Optimización, Vehículo Eléctrico

### INTRODUCCIÓN

Las últimas directivas de la Unión Europea relativas a la eficiencia energética de los edificios establecen que, todos los edificios de nueva construcción deben ser de consumo casi nulo a finales de 2020. En la mayoría de los casos, estas directivas también se extenderán a edificios sujetos a rehabilitaciones profundas.

En este escenario, los edificios dejan de ser unos simples consumidores de energía de la red, convirtiéndose también en pequeños núcleos de producción y almacenamiento de energía con un elevado aporte de energías renovables. Por lo tanto, se presenta un nuevo marco donde las instalaciones energéticas de los edificios van a convertirse en sistemas de una alta complejidad.

En este contexto, es necesario ofrecer en el mercado de la edificación soluciones complejas integrales que tengan en cuenta no sólo las actuaciones de mejora de la eficiencia, tanto pasivas (mejora envolvente) como activas (mejora equipamientos) sino también la integración de energías renovables junto con almacenamiento energético en el edificio.

Los edificios nuevos, así como los edificios que se rehabiliten en los próximos años, se caracterizarán por poseer unas instalaciones y sistemas que permitirán una gestión integrada y automatizada de casi todas las funcionalidades del edificio. El uso de sistemas de monitorización y control por parte del usuario final es clave para asegurar la eficiencia de las medidas implantadas y facilitar el autoconsumo de energías renovables, ya que permite que el usuario pueda tomar decisiones adecuadas en base a la información y que, además, dicha información pueda ser utilizada para analizar posibles ineficiencias y mejoras necesarias. Además, cabe destacar que se espera la aparición de nuevas demandas en los edificios, como puede ser la demanda de electricidad asociada a vehículo eléctrico, por lo que se necesitan herramientas que puedan estimar de manera global las necesidades energéticas, para poder diseñar correctamente las soluciones más adecuadas para la rehabilitación de los edificios.

La figura de las empresas de servicios energéticos es de gran relevancia para la evolución de los edificios existentes a edificios de energía casi nula, ya que se tratan de intervenciones de elevada complejidad técnica y las inversiones asociadas son elevadas. El modelo de servicios energéticos permite que la financiación no sea hecha directamente por el propietario o usuario del edificio, y que el retorno de las inversiones sea hecho a través de la factura energética durante la duración del contrato. Este modelo, además, permite ofrecer garantía de ahorros energéticos.

Por ello, se presenta una oportunidad para el desarrollo de una nueva solución que sea capaz de conocer al consumidor en condiciones reales medidas, y proporcionarle una solución óptima de mejora de eficiencia y generación distribuida para su edificio. Esta generación no solo debe acometer la demanda de electricidad, sino que también debe generar calor y frío, junto con la integración de las tecnologías existentes en la instalación. Todo ello maximizando el uso de recursos renovables gestionados a partir de la existencia de almacenamiento térmico y eléctrico.

## PLATAFORMA PIDIM

### Concepción global de la solución

La solución propuesta es una plataforma informática sobre la nube que, recibiendo datos como el consumo del cliente (edificio o conjunto de edificios, restricciones técnicas/económicas, datos climáticos y los datos históricos de consumo, ya sea procedente de facturas o de monitorización), permitirá:

- Diseño y dimensionado de instalaciones de generación distribuida de electricidad, calor y frío: a partir de un catálogo de modelos para las diferentes tecnologías.
- Anteproyecto básico: esquemas de principios, presupuesto y mediciones orientativas.
- Módulo M&V: obtener la línea base y patrones de consumo del cliente y, a partir de ellos, caracterizar el comportamiento energético del edificio. Medición y evaluación del ahorro energético.
- Módulo de replicabilidad: disponer de una base de conocimiento que permita tomar decisiones in situ sobre el potencial y la viabilidad de intervenciones en nuevos proyectos.

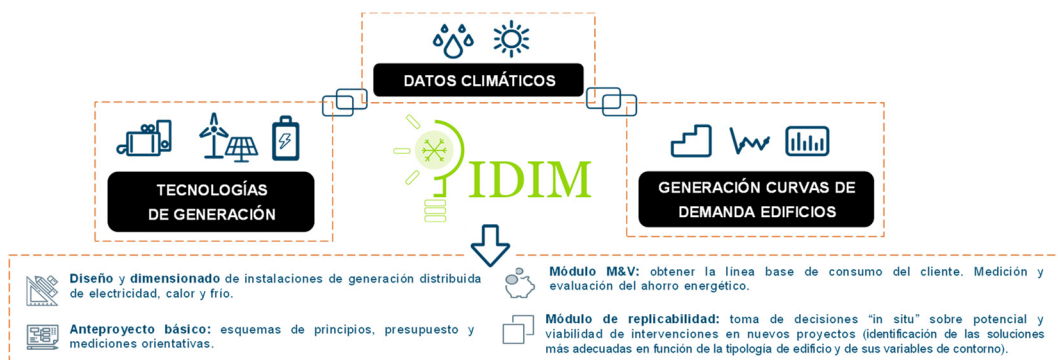


Figura 1. Esquema conceptual de las funcionalidades de la plataforma PIDIM.

Por tanto, la plataforma inteligente proporciona soluciones automáticas en las dos etapas o fases del proyecto. La fase I de diagnóstico, montaje del sistema de gestión energética, toma de decisiones básicas y anteproyecto de instalaciones de multigeneración y la fase II, en la que una instalación ya está en uso y se puede medir y verificar los ahorros y detectar ineficiencias, proponiendo posibles nuevas mejoras a implantar en el edificio. Esto, es un aspecto innovador de esta herramienta, ya que se dispone de una única herramienta versátil que puede ser utilizada en toda la vida útil de un proyecto de rehabilitación. Los principales puntos diferenciadores de la plataforma son la caracterización del edificio y sus instalaciones a partir del análisis de datos medidos y la simulación de las diferentes soluciones considerando en la modelización una extensa base de datos de fabricantes.

### Diseño y funcionalidades de la herramienta

Como se ha comentado, la herramienta podrá ser utilizada en toda la vida útil del proyecto ya que, además de ayudar en el diseño y dimensionado de la instalación energética del edificio en la fase del anteproyecto, incorporará un módulo de medida y verificación de ahorros que va a permitir validar la solución durante la fase de explotación, detectando posibles ineficiencias y proponiendo nuevas mejoras. A continuación, se exponen las funcionalidades y características generales de la plataforma en cada una de de las etapas comentadas anteriormente.



### **Diseño y dimensionado de la instalación energética**

PIDIM tiene un amplio rango de aplicación, pues permitirá caracterizar la demanda energética de una gran variedad de edificios del sector terciario, en particular de hoteles, oficinas, escuelas, residencias, hospitales, centros deportivos o centros/locales comerciales. En el caso de que el edificio a analizar sea un nuevo cliente, la demanda energética se caracterizará a partir de un número reducido de datos y de los modelos existentes en el motor de cálculo de la herramienta. En el caso de que el edificio a analizar sea un cliente actual de servicios energéticos de GNF, la herramienta permitirá el uso de datos horarios monitorizados de la propia instalación para la caracterización de las demandas mediante los modelos disponibles en la herramienta para cada tipología de edificio.

El análisis energético de las diferentes soluciones de generación distribuida de electricidad, calor y frío estará basado en una serie de esquemas de principio flexibles provistos de estrategias de control avanzadas definibles por el usuario del software. La herramienta presenta una cierta inteligencia para adaptarse a perfiles de usuario muy diversos, sin necesidad de ser expertos en la gran diversidad de tecnologías de generación distribuida de calor, frío y electricidad que se pueden evaluar.

En la plataforma se integrará un Motor de Simulación que siga los principios del Building Information Modelling (BIM), que de manera resumida son: uso de ficheros de datos en formato Industry Foundation Clases (IFC), interoperabilidad, rapidez de cálculo etc.

Las principales características del motor de simulación son:

- **Interoperabilidad:** capacidad de uso de programas externos para suministrar datos de entrada y para evaluar los resultados. Es decir la herramienta es autónoma y presenta un conjunto de motores de cálculo independientes (BIM).
- **Flexibilidad:** capacidad de simulación de edificio/s y sistema/s de diversos tipos (convencionales, captación solar térmica o fotovoltaica, almacenamiento térmico y eléctrico, sistemas de absorción, cogeneración, infraestructura de carga de vehículo eléctrico, etc.) integrando módulos de cálculo realizados con distintas herramientas, permitiéndose así la co-simulación.
- **Replicabilidad y facilidad de uso:** El Motor de Simulación debe permitir la integración de módulos de cálculo propios y externos (FMU) de manera fácil. Para ello El Motor de Simulación cuenta con un Editor de Conexiones que será una herramienta adicional, de ayuda al usuario, que sirve para generar/modificar el fichero IDF/ODF (archivos de entrada y salida de EnergyPlus) escribiendo la información acerca de las variables que son de salida de un cierto FMU y entrada a otro, o a módulos de cálculo integrados al Motor de Simulación.
- **Rapidez de cálculo (generación/calibración de modelos simplificados):** Los principales módulos de cálculo del programa cuenta con una versión detallada y otra simplificada. Esta última se calibrará inicialmente para que en tiempo real pueda usarse dando una respuesta rápida y suficientemente precisa. De tal forma que la herramienta permita integrar todas las fases del proyecto: básico, ejecución y seguimiento/verificación.

### **Módulo medida y verificación**

Un problema crítico para los edificios existentes consiste en evaluar el ahorro de energía cuando se realiza alguna mejora sobre el mismo. Este proceso se conoce como M&V (Medición y Verificación de ahorros). M&V puede ser bastante costosa y llevar mucho tiempo. Hoy en día, en la línea de edificios inteligentes, han aparecidos nuevas herramientas, sistemas y técnicas relativamente baratas para la medición y recopilación de datos. Sin embargo, es una deficiencia extendida el no realizar un análisis consistente y útil de estos datos. Por ello ha aparecido una nueva teoría de M&V 2.0 o M&V avanzado, dónde además de tener el objetivo de medir y verificar ahorros, se reclama un tratamiento automático de los mismo, y autotrendizaje del sistema de gestión para extraer el valioso conocimiento de la realidad medida en los edificios. En el marco de este trabajo, se ha desarrollado un novedoso algoritmo que permite una reducción significativa del error cometido en la estimación de la evaluación del ahorro respecto al enfoque convencional del procedimiento. De este algoritmo destaca la necesidad de pocos datos para su ajuste, su elevada precisión para caracterizar no solo el consumo del edificio, sino la respuesta del mismo en función de la temperatura del aire interior (confort). Este algoritmo depende del comportamiento del usuario, de las condiciones climáticas y sobre todo de las condiciones interiores.

Asimismo, PIDIM no acaba con la implantación de la mejora, sino que la plataforma dará solución a las nuevas tendencias de la gestión energética mediante la implantación del algoritmo en la plataforma. Esto convierte al algoritmo además de una solución para la línea base de M&V, en una herramienta para gestión energética en tiempo real por su trabajo sobre la nube.

## Módulos específicos para la integración de nuevas demandas en edificios terciarios con generación distribuida y autoconsumo

### Módulo vehículo eléctrico

Con el incremento del precio de los combustibles y la mayor concienciación de población, empresas y gobiernos sobre el cambio climático, el coche eléctrico se está convirtiendo en una realidad. Durante los últimos años las ventas de vehículos eléctricos se han acelerado y, se prevé, que este crecimiento sea cada vez más elevado. Tanto es el impacto de este tipo de vehículos que la administración ya exige que los párquines de las nuevas construcciones estén habilitados para albergar cargadores para vehículos eléctricos.

Ante esta situación, la herramienta PIDIM va a incorporar un módulo específico que va a permitir la simulación de un sistema de carga inteligente para vehículos eléctricos. Debido a que se trata de una demanda emergente y que la solución a implantar en los edificios evolucionará drásticamente en los próximos años el objetivo de este módulo no es el de dimensionar un campo de cargadores mediante optimizaciones de carácter económico, sino que consiste en el cálculo de la curva de consumo para un campo de cargadores eléctricos dado, según los requerimientos que existan por parte de los usuarios del edificio.

Así pues, una vez definidas las características del edificio, el usuario deberá introducir una serie de datos o información que permitan a la herramienta el cálculo de la curva de consumo del campo de cargadores. Los parámetros a introducir por el usuario deberán ser:

- Número de cargadores eléctricos: El gestor del edificio va a ser quien decida cómo se va a dimensionar el campo de cargadores en función de su criterio y sus necesidades.
- Tipos de uso de los cargadores: Se deberá seleccionar si los cargadores van a ser utilizados para la carga de los vehículos de los usuarios del edificio (en el caso de oficinas, los trabajadores) o, por el contrario, si van a ser utilizados para la carga de los vehículos pertenecientes a una flota propia (en el caso de oficinas, coches de empresa).

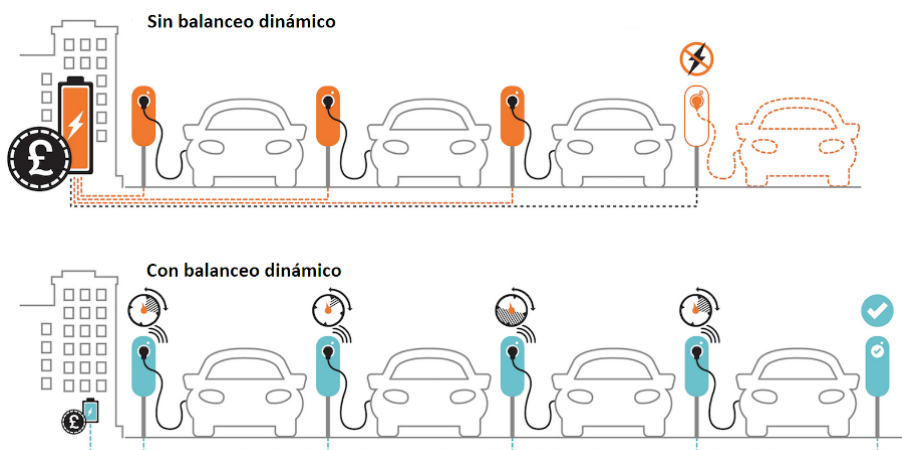


Figura 2. Representación gráfica de las diferencias entre un sistema de recarga para vehículo eléctrico sin balanceo dinámico y otro con balanceo dinámico. (Fuente: Newmotion).

Una vez definidas las características del campo de cargadores, mediante una simulación, el módulo será capaz de obtener la curva de consumo anual de dicho campo. En el proceso de simulación será donde se incorporarán y se integrarán con el edificio, todos los protocolos e inteligencia de control que este tipo de cargadores requieren. Concretamente, dado las actuales limitaciones de potencia de la red (sobre todo en grandes ciudades), será imprescindible establecer en la simulación, un control dinámico inteligente de la carga de los vehículos, adaptando la carga de estos a la potencia disponible en el edificio en cada momento y balanceándola para conseguir un nivel de carga óptimo en cada uno de los vehículos.

Además, la herramienta dispondrá de un módulo adicional que, en caso que se desee, permitirá integrar el campo de cargadores para vehículos eléctricos con un campo de captadores fotovoltaicos con almacenamiento, pudiendo ofrecer así una solución integrada y cien por cien renovable.

### ***Sistemas de producción eléctrica renovable***

Para el diseño y dimensionado de este sistema se han elaborados una serie de nuevos modelos implícitos para la caracterización inversa del comportamiento de módulos fotovoltaicos y baterías eléctricas. Estos modelos son identificados a partir de los datos disponibles en los catálogos de los fabricantes. Estos modelos, acoplados, permiten disponer de una herramienta de evaluación energética de sistemas de producción eléctrica mediante paneles fotovoltaicos con o sin almacenamiento, pero que responden a la realidad comercial de los fabricantes y son sensibles a sus prestaciones. En esta misma línea, este módulo, en fase de diseño, puede ser acoplado a los servicios reales y medidos que se quieren cubrir (autoconsumo), a las nuevas necesidades que se planteen (movilidad eléctrica) e incluso al sistema de gestión que optimiza los flujos de energía y su precio. De esta forma, se crean funcionalidades en la plataforma que aumentan la rentabilidad y credibilidad de las nuevas soluciones que requieren las nuevas normativas.

## **Beneficios**

El uso de esta herramienta de diseño y dimensionado va a tener un impacto muy positivo en los gestores y/o propietarios de esta tipología de edificios.

- La herramienta dispone de algoritmos de optimización que buscan ofrecer las mejores soluciones tanto en términos económicos como de eficiencia, lo que va a permitir ofrecer siempre soluciones más ajustadas al usuario final.
- La herramienta ofrece varios modos de uso, algunos de ellos requieren un gran nivel de detalle y otros son mucho más simplificados. Esta simplicidad permitirá realizar estudios y ofrecer propuestas al usuario en períodos muy cortos de tiempo.
- Otro aspecto clave va a ser que, una vez haya finalizado el proyecto, con el módulo de verificación de ahorros, el gestor o propietario del edificio podrá comprobar si las actuaciones que se han llevado a cabo están generando o no los ahorros previstos y actuar en consecuencia.

Además, la creciente complejidad de las instalaciones energéticas va a requerir de softwares como el presente para poder diseñar y dimensionar con ciertas garantías las instalaciones energéticas futuras. La realidad es que la construcción en España presenta valores muy bajos de eficiencia energética y, el número de rehabilitaciones que se están realizando, es muy inferior al que debería ser si se quieren llegar a cumplir los objetivos energéticos marcados por la Unión Europea. Con los beneficios que aporta esta herramienta se espera incentivar las rehabilitaciones energéticas de los edificios e incorporar, a edificios existentes, tecnologías más limpias y eficientes, repercutiendo de forma positiva en el sistema energético y reduciendo el impacto ambiental actual.

## **Plazos del proyecto**

El proyecto se inició en enero de 2017 y está previsto que la herramienta esté finalizada en diciembre de 2018.

## **REFERENCIAS**

Smart Buildings in a decarbonised Energy system. BPIE.

## LAS OPORTUNIDADES DEL IOT Y EL CONTROL DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN

**Alicia Asín Pérez**, Directora Gerente, Libelium

**Resumen:** El sector de la edificación genera gran impacto económico en España. Tras la crisis, los estándares de calidad y las exigencias de la legislación han aumentado para reducir el impacto medioambiental y, al mismo tiempo, ofrecer a los propietarios de las nuevas viviendas una mejor experiencia de vida. En esta Comunicación se demuestra, mediante casos reales, los beneficios y oportunidades que aporta el internet de las cosas al sector de la construcción a través de los denominados edificios inteligentes. La medición del impacto de la construcción en el medioambiente, la monitorización de la calidad del aire en edificios públicos y privados o el control de las zonas verdes son algunos de los muchos y diversos casos reales que están siendo desarrollados actualmente.

**Palabras clave:** Ciudades Inteligentes, Edificación, Sostenibilidad, Monitorización Ambiental, Calidad del Aire, Control del Ruido, Internet de las Cosas, IoT

### INTRODUCCIÓN

A continuación se describen tres proyectos que están directamente relacionados con las aplicaciones que el IoT puede aportar al sector de la edificación. El primero de ellos es la sede corporativa de Libelium en la que se han instalado diferentes sistemas de control de la polución ambiental, control de los jardines, de un estanque interior y del parking exterior. Todos estos espacios y aplicaciones son replicables en cualquier urbanización o edificio de oficinas. El segundo caso se trata de un proyecto de monitorización de riego en unos jardines de Barcelona. Y el tercero es una urbanización privada en Beirut que cuenta con su propio sistema de gestión medioambiental. Para finalizar, exponemos un caso desarrollado en Oviedo para monitorizar el impacto ambiental durante las obras de construcción de una depuradora de agua en un entorno urbano.

### Libelium transforma su sede en un “smart building” con su plataforma IoT

Libelium cree en un mundo inteligente completamente conectado y capaz de permitir a los ciudadanos y a las organizaciones tomar decisiones basadas en información valiosa. La visión de ese mundo inteligente consiste en la monitorización de parámetros y condiciones físicas en tiempo real que impactan en diferentes sectores productivos como agricultura, industria o ciudades, y por supuesto, en recursos tan valiosos como el agua, el medio ambiente o la eSalud.

En este sentido, Libelium ha convertido su sede principal de Zaragoza en un smart building instalando un laboratorio en vivo con el objetivo de mostrar a clientes, partners y visitantes la gran variedad de aplicaciones de su plataforma IoT.

### Edificio conectado a la nube

El edificio inteligente de Libelium ofrece información en tiempo real sobre los niveles de contaminación ambiental y acústica en los alrededores, así como las condiciones ambientales del interior, la calidad del agua o la gestión de residuos. El objetivo es mostrar todas las aplicaciones verticales de la tecnología IoT en un Laboratorio Vivo.

“Con este proyecto hemos querido convertir nuestras oficinas centrales en un edificio inteligente para explicar clara y sencillamente cómo funciona nuestra tecnología y también todas las soluciones que pueden implementarse en el mercado de manera rápida y fiable”, ha afirmado David Gascón, director de Ingeniería de Libelium.

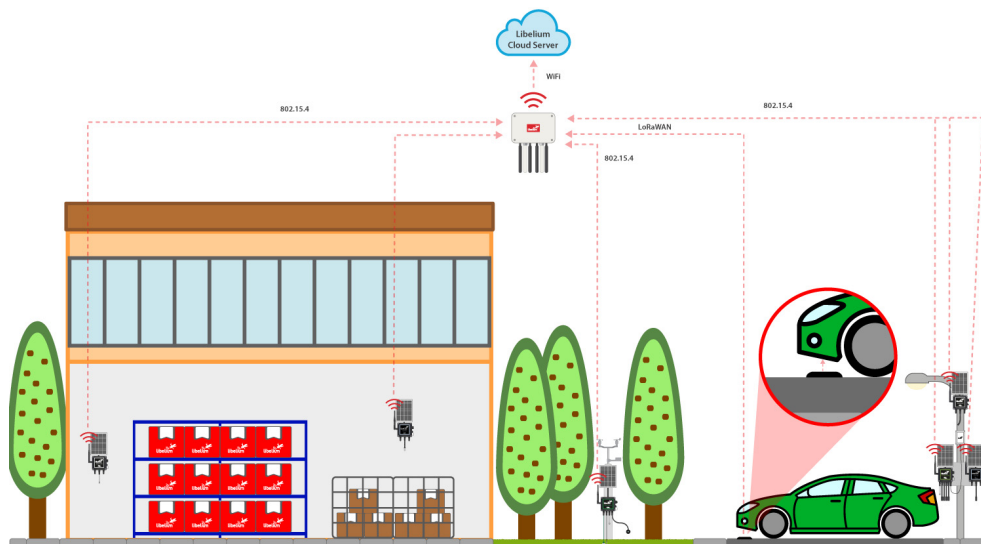


Figura 1. Diagrama del proyecto Smart Libelim.

La instalación consta de ocho plataformas de sensores, tanto en el exterior como en el interior del edificio. En el exterior se controla: la intensidad de la luz solar mediante un sensor de luminosidad, los niveles de ruido y contaminación acústica, dato importante al estar las oficinas ubicadas en una zona industrial, los niveles de contaminación con sensores de O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> y material particulado. También se controlan las condiciones del suelo y las condiciones ambientales: temperatura, humedad, presión atmosférica, radiación solar y variables del suelo. Y por último se han instalado una serie de sensores que permite detectar las plazas disponibles y ocupadas en el aparcamiento de la empresa.

En el hall del edificio hay un estanque decorativo en el cual se ha instalado un dispositivo para medir parámetros del agua y garantizar la calidad del estanque de recepción con sensores de pH, conectividad, potencial de oxidación reducción (ORP), oxígeno disuelto (DO) y de temperatura.



Figura 2. Técnico de Libellium durante la instalación de los nodos.

En el área de almacén, la gestión de residuos en el contenedor principal se controla mediante un sensor de ultrasonidos mientras que los valores de temperatura y humedad se monitorizan para detectar niveles altos y bajos que envíen una alarma por email al responsable para que pueda resolver el problema.

## La instalación de dispositivos para sistemas de riego inteligente permite ahorrar hasta un 25% en la factura del agua

Los ayuntamientos y gobiernos son conscientes de la importancia que tiene mejorar los espacios públicos. No solamente para reducir costes, sino también para mostrar su compromiso con los habitantes y turistas que visitan las ciudades. Barcelona es un buen ejemplo en el campo de las denominadas “smart cities”. La ciudad ha desarrollado diferentes proyectos para facilitar la vida a sus ciudadanos convirtiéndose en una de las referencias mundiales en innovación y desarrollo tecnológico.

Para la mejor gestión del sistema de riego en el Parque del Centro del Poblenou, se ha llevado a cabo un proyecto basado en la tecnología de sensores y que permite un control remoto del sistema de riego que, a su vez, facilita la gestión de la red de abastecimiento de agua.



Figura 3. Parque de Poblenou en Barcelona, donde se ha implantado el sistema de riego Inteligente.

Antes de empezar el proyecto, cada zona del parque fue analizada para conocer sus necesidades específicas. El sistema de riego inteligente funciona con diferentes sensores que miden la humedad en el suelo y el flujo de agua que llega a puntos estratégicos de cada área.

En este proyecto de riego inteligente, tanto las sondas de humedad de suelo como la plataforma de sensores están soterradas previa colocación en bolsas resistentes al agua que garantizan una gran perdurabilidad. Además, estos dispositivos funcionan con una batería de larga duración de hasta un año de autonomía.

La información recogida por los sensores puede ser visualizada en una plataforma que se puede controlar a través de teléfono móvil, tableta u ordenador. Es fácil encontrar algún miembro del equipo de Parques y Jardines de Barcelona en el Parque del Centro del Poblenou utilizando estas tabletas. Son sus nuevas herramientas de trabajo que les permiten un control automático de las válvulas electrónicas que cierran o abren el flujo del agua.

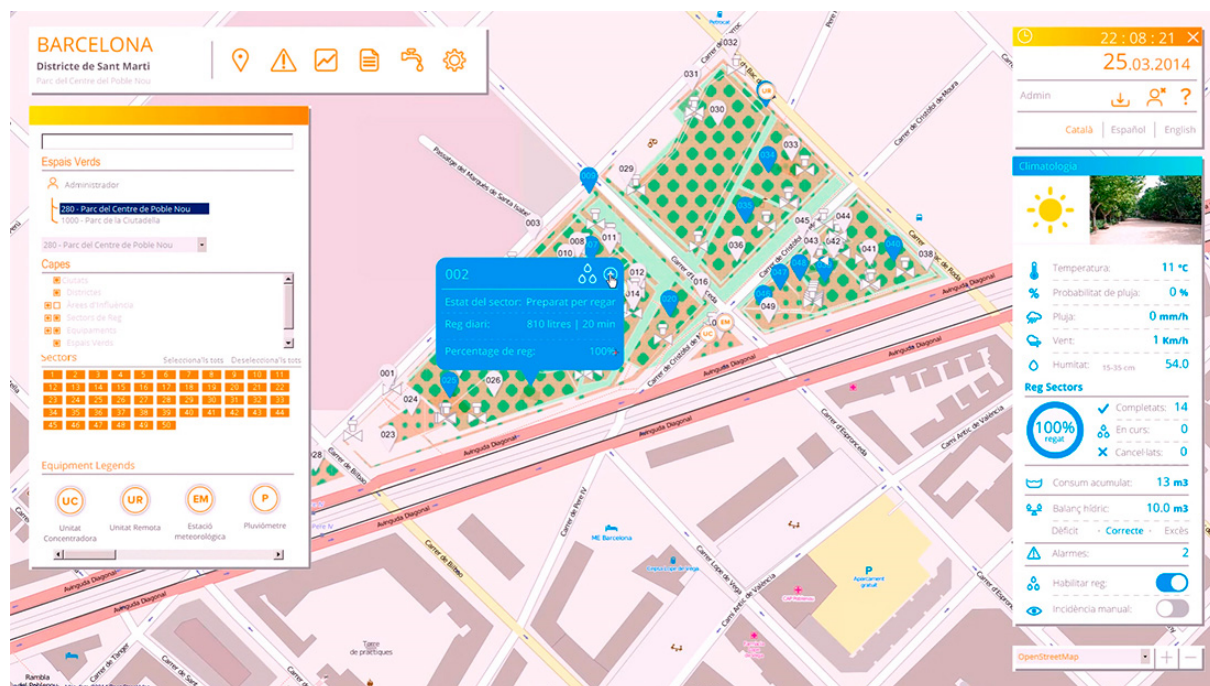


Figura 4. Aplicación web, Visualizador de datos.

Gracias a este nuevo sistema de gestión la factura de agua municipal se ha reducido cerca de un 25% en la ciudad. Además, esta reducción no es solamente económica, sino que el consumo de agua también ha bajado. Barcelona está ahorrando recursos con la tecnología del Internet de las Cosas y también contribuyendo a mantener el medio ambiente. Además, esta innovación ha facilitado el trabajo diario de los jardineros que ahora pueden controlar el sistema de riego y detectar cualquier incidente en tiempo real.

## Un proyecto de control de calidad del aire que aúna tecnología y vida saludable en una urbanización de Beirut

En una colina con vistas al mar a veinte minutos de Beirut (Líbano) se extiende el área residencial de BeitMisk. BeitMisk es una comunidad privada localizada en un entorno privilegiado y que disfruta además de una buena calidad del aire. Uno de los principales objetivos de los ideólogos de esta nueva ciudad es garantizar la calidad del aire y ofrecer esta información a sus vecinos de una manera innovadora. Se trata de un nuevo concepto, una ciudad moderna autosuficiente y ecológica en la que las zonas verdes cobran protagonismo, con más de 200.000 árboles plantados e irrigados con agua de lluvia recolectada y reciclada.

Recientemente, se ha desarrollado la primera ciudad inteligente en Líbano con tecnología de Libelium. El proyecto incluye la digitalización de los elementos físicos de la ciudad, añadiendo una capa de aprendizaje automático e inteligencia artificial para ofrecer información sobre los datos y análisis predictivos. Este despliegue permite, tanto a los habitantes como a la administración de la urbanización, conectarse con su ciudad a través de herramientas de comunicación intuitivas, ahorrando en recursos y disfrutando una experiencia única para los usuarios.

Los sensores para la monitorización de valores medioambientales y de calidad del aire han sido instalados a lo largo de toda el área residencial para dar más conocimiento del entorno, proporcionando a los usuarios la posibilidad de conocer cuándo es el mejor momento del día para que los niños jueguen en el exterior o cuándo es un buen momento para salir a hacer ejercicio.



Figura 5. Instalación de los nodos en BeitMisk.

BeitMisk acoge conciertos, festivales de cine y otro tipo de actividades sociales. Para la gestión de la urbanización, toda la información que ofrece el sistema, les permite planear mejor actividades, proyectos o construcciones sin incrementar los niveles de contaminación.

Los distintos usuarios pueden acceder a la información a través de la interfaz: dashboard web para los gestores de la urbanización, aplicación móvil para los vecinos, así como la disponibilidad de un bot automático con el que se puede chatear, ya que este proyecto también añade una capa de inteligencia artificial que realiza análisis predictivos que ayudan a los procesos de toma de decisiones.

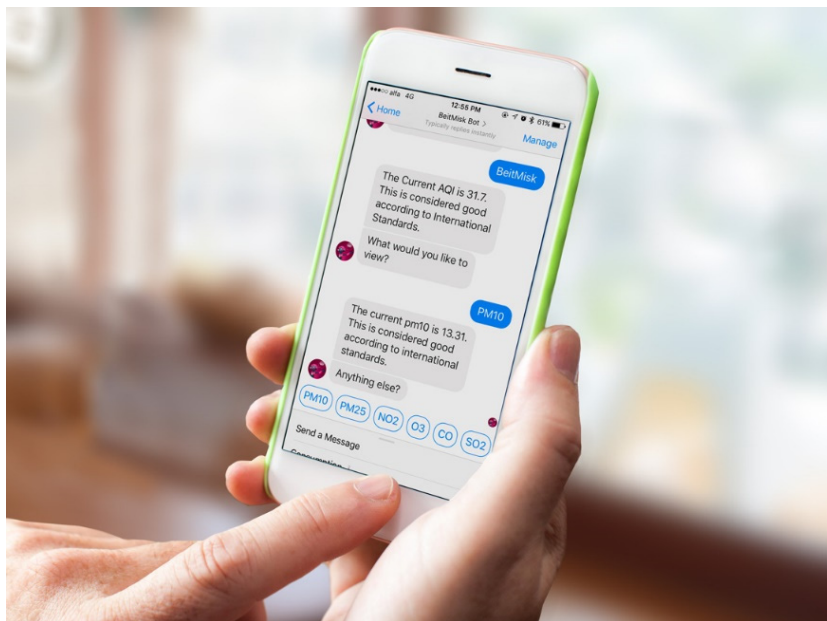


Figura 6. Chat bot de BeitMisk.



## Sistema de control del impacto ambiental en obras civiles

El sector de la construcción necesita reducir el impacto medioambiental que genera su actividad para mejorar el cumplimiento de las normativas de sostenibilidad y, al mismo tiempo, aumentar su competitividad disminuyendo costes. Este es el objetivo del proyecto VisionTech4Life, una iniciativa fruto de la cooperación de empresas y centros de investigación del País Vasco, para conocer y mitigar los efectos ambientales que conlleva cualquier obra civil. Para ello, han desarrollado un sistema de detección de impactos ambientales en tiempo real que permite medir la calidad del agua y otros parámetros atmosféricos basados en la tecnología de redes inalámbricas de sensores. Este proyecto se ha desplegado en la construcción de la Estación Depuradora de Aguas Residuales “Villapérez” ubicada en Oviedo (Asturias, Spain). Con ayuda del Plan de Vigilancia Ambiental existente en la obra, identificaron el entorno y señalaron los puntos más sensibles para medir la calidad del agua, del aire y el ruido. Para estos últimos parámetros, seleccionaron los puntos de medida más cercanos a las viviendas existentes en la zona. En esos puntos se instalaron los sensores de medición de ruido y de partículas en suspensión.

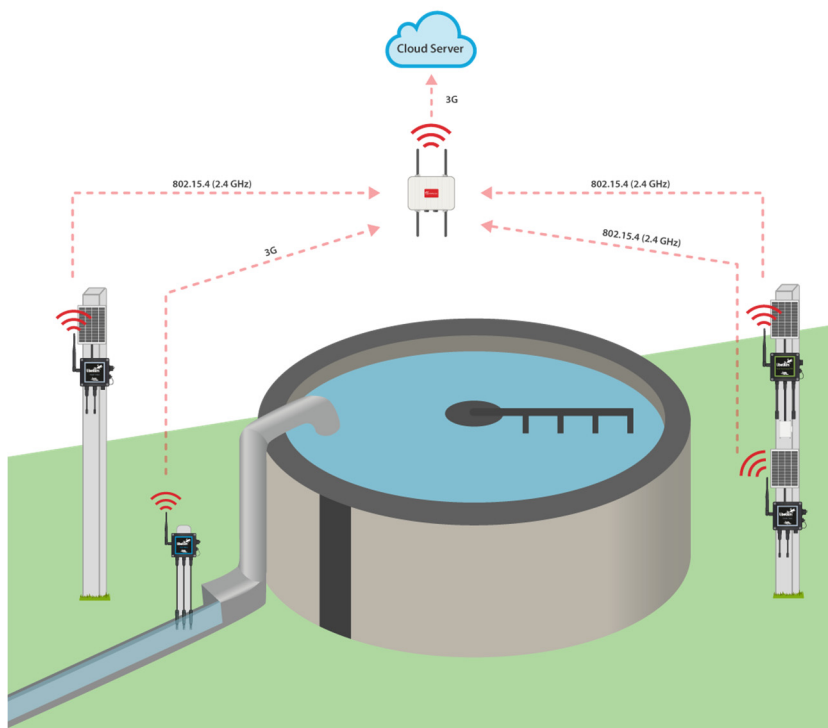


Figura 7. Diagrama del proyecto llevado a cabo en la Villapérez (Oviedo).

La solución integra tecnología, eficiencia, sostenibilidad y control del estado real de los impactos por vía telemática. Abarca desde la detección, control y seguimiento del impacto hasta la generación de alarmas e informes que faciliten la toma de decisión y permitan una actuación adecuada.

### Ahorro en costes y en tiempo de respuesta

El sistema permite reducir los tiempos de medición y seguimiento de los impactos entre un 40% y 80% y se acortan los tiempos de respuesta ante cualquier situación de alarma en un 90%. Además, esta metodología supone un 40% de ahorro de los costes que en la actualidad se acometen con cualquier medida de corrección medioambiental tras un impacto desfavorable. Y no solo permite minimizar el perjuicio sino también detenerlo justo en el mismo instante en que se está produciendo.

# FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA (POF): LA RED A 1 GBPS DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES

**Miguel Andreu López**, Operaciones, Actelser  
**Carlos Delgado Viñuales**, Director Técnico, Actelser  
**Vicente García Lozano**, Ingeniero, Actelser

**Resumen:** Los edificios inteligentes generarán y procesarán gran cantidad de información que necesitará de una red para su transporte con un ancho de banda considerable y fiable. El problema es que la inmensa mayoría de viviendas y edificios no disponen de la infraestructura de canalización de cableado de los sistemas de comunicación Ethernet con fibra óptica, lo que implica un coste añadido de adaptación física a estos nuevos usos. La solución pasa por la fibra óptica de plástico (POF) que cumple con las normativas de construcción y no incorpora carga eléctrica. Esto permite su utilización en canalizaciones eléctricas sin que se vea mermado su rendimiento, sin afectar a otros aparatos conectados a la red y proporcionando un ancho de banda de 1 Gbps". Con la tecnología gigabit FOP (Fibra Óptica Plástica) y ACTELSER podemos convertir cualquier vivienda en un hogar digital a una alta velocidad de transmisión, de manera sencilla y económica y sin necesidad de obras utilizando las canalizaciones existentes. Los edificios inteligentes han de ser espacios confortables y que permitan poder disfrutar de todo el abanico de servicios tecnológicos disponibles y que todavía han de llegar del mercado.

**Palabras clave:** POF, Gbps, Fibra, Óptica, Velocidad, Datos, Ethernet, RJ45, Red, Domótica

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las soluciones domésticas en comunicaciones inalámbricas de máxima velocidad se basan mayoritariamente en Wifi. Un uso doméstico que también se está generalizando al ámbito de servicios y sobre todo en hoteles y hospitales, puesto que requieren una red interior que optimice la transmisión de datos a alta velocidad con la máxima fiabilidad. El problema es que la inmensa mayoría de viviendas y edificios no disponen de la infraestructura de canalización de cableado de los sistemas de comunicación Ethernet con fibra óptica, lo que implica un coste añadido de adaptación física a estos nuevos usos. La solución viene de la mano de la fibra óptica de plástico (POF). Y es que la tecnología POF permite comunicar equipos electrónicos aislados eléctricamente

Veamos cómo funciona la fibra óptica de plástico (POF). En primer lugar, se encarga de guiar la luz emitida por los dispositivos electrónicos para lograr que se comuniquen entre ellos. Utilizando una fibra doble, permite la comunicación Full-Duplex con un canal de transmisión y uno de recepción. Puesto que la fibra cumple con las normativas de construcción y además no incorpora carga eléctrica en su interior, se puede aplicar a las canalizaciones eléctricas de potencia sin que se vea mermado su rendimiento y sin afectar a otros aparatos conectados a la red. Al final de cada línea POF se incluirá un conector adecuado que permita al usuario utilizar este medio de comunicación: un RJ45, un módulo Wifi, etc. Estos conectores son los que está desarrollando Actelser SL cuya tecnología se fundamenta en el chip transceptor Gb POF del fabricante KDPOF.

La flexibilidad que permite la tecnología POF hace que hoy día sea posible ofrecer una comunicación punto a punto de 1Gbps hasta 50 metros. Su reducido radio de curvatura, la no emisión de radiación, la imperturbabilidad ante radiaciones externas y la nula transmisión de calor, permite su uso en canalizaciones eléctricas y ofrece grandes ventajas frente a la fibra de vidrio (GOF) y el cobre.

Usando POF se reduce el peso de las instalaciones porque no necesita de malla de protección o coraza, como en el caso del cable Ethernet o la fibra de vidrio. Los sistemas de corte POF no son complicados y su reciclado es mucho más sencillo al estar formado por muchos menos componentes que sus adversarios.

Los puntos diferenciadores de la mencionada red son:

- Mayor ancho de banda en cada punto de acceso. Esta red es capaz de suministrar hasta 1 Gigabit continuo de velocidad atendiendo a las exigentes demandas en la distribución de datos generadas por Internet de banda ancha, IPTV de alta resolución, poder adentrarse en el IoT (Internet de las Cosas), TVHD, servicios multimedia, etc.

- Transmisión de datos por impulsos de luz. Por tanto, no genera ningún tipo de perturbación electromagnética que pueda poner en compromiso el correcto funcionamiento de otros equipos.
- Tecnología innovadora. La fibra POF no es nueva pero sí lo es su introducción en el ámbito del hogar con esta nueva funcionalidad gracias a los equipos que pasaremos a desarrollar. El cable POF lleva años utilizándose en la industria y es una solución perfecta para los nuevos requerimientos de la sociedad.
- Sección mayor a la fibra tradicional. Su mayor diámetro respecto a la fibra de vidrio le convierte en menos frágil y permite poder realizar radios de curvatura menores sin provocar una pérdida en la comunicación.
- Sencillez de montaje. Para la instalación sólo es necesario un sencillo cúter que permita cortar el cable POF de manera fácil y limpia.
- Red fácilmente ampliable. Debido a la sencillez del montaje y a la posibilidad de compartir canalización eléctrica existente, el hecho de ampliar la red para dotarla con mayores puntos de acceso o con módulos adicionales es sumamente fácil.
- Dotar de red Gigabit los edificios de antigua construcción.
- Impactar menos en el medio ambiente que las tecnologías actuales, reduciendo la utilización de cobre en el cableado.

Conocidas las prestaciones y versatilidad de la fibra POF, Actelser enfoca su objetivo en el desarrollo de elementos (switches y rosetas principalmente) con esta tecnología para su uso en redes de datos Ethernet de alta velocidad 1Gbps.

Actualmente la tecnología POF se comercializa de forma minoritaria en algunos sectores a velocidades de 100Mbps. Estas velocidades han quedado obsoletas o “lentas” para las actuales demandas de alta transmisión de datos, haciendo necesaria una nueva tecnología POF a 1Gbps, tecnología que aproveche los beneficios del POF y a su vez esté acorde a las necesidades del momento actual en que vivimos. Tecnologías alternativas (pares trenzados de cobre y fibra óptica de vidrio, por ejemplo, ya alcanzan velocidades de 1Gbps).

Todo esto es posible, gracias a la reciente aparición de la familia de chips electrónicos KD1000 de la compañía española KDPOF (Knowledge Development of Plastic Optical Fibres). Combinado con el transceptor FOT -de la compañía Avago- que es un convertor de medio de señal eléctrica en señal lumínica vía MLCC Multi-Level Coset Coding a 1Gbps) se abre una nueva ventana de posibilidades en la tecnología POF, la velocidad a 1Gbps. Actelser diseña, desarrolla y fabrica en España elementos de red de datos basados en POF 1Gbps bajo la tecnología de los chips de Kdpof.

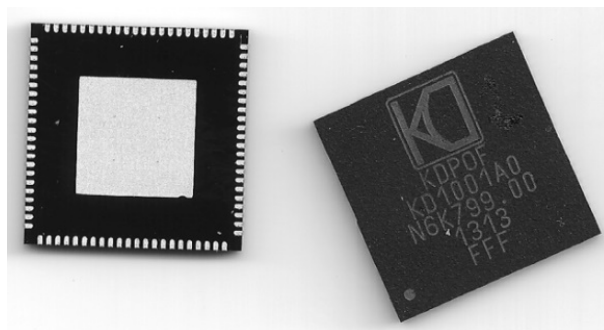


Figura 1. Familia de chips KD1000 de KDPOF.

## TECNOLOGÍA KDPOF KD1000

Tecnología de comunicación de datos de bajo coste y gran eficiencia que explota la capacidad disponible del gran núcleo de la fibra óptica de plástico (POF). Es una solución de ingeniería completa para grandes estándares de fibra como SI-POF que se pueden implementar con microelectrónica.

Esta tecnología proporciona un sistema de transmisión de datos adaptado a la capacidad de comunicación disponible (bit-rate y eequalización) a variables operativas como la temperatura, la fibra, las pérdidas en las uniones, el desgaste del conector, etc.

Como medio de transmisión, POF es más similar al cobre o al aire que a la fibra óptica de cristal. Se utilizan técnicas similares a aquellas implementadas en los sistemas de comunicación eléctrica (cobre) y de comunicación inalámbrica (aire) para alcanzar la máxima capacidad de la fibra.

## Modulación

La tecnología se basa en modulaciones de tiempo. La modulación en tiempo proporciona una adaptación de señal como si de un amplificador se tratase (low Peak-to-Average Ratio, PAR), mientras que la variación de la señal de transmisión se maximiza para utilizar el rango completo del emisor de luz (LED o láser).

Los métodos de medición de laboratorio demuestran que las tecnologías alternativas como DMT (Discrete Multi-Tone) o OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) son demasiado complejas, y que no son necesarias para alcanzar la velocidad Gigabit sobre el estándar SI-POF.

Esta familia de chips incorpora el eficiente Digital Signal Processing (DSP) para compensar dinámicamente la distorsión no-lineal causada por los componentes optoelectrónicos, así como el desfase de dispersión causado por la fibra.

## Codificación de Canal

Se implementa una modulación codificada multi-nivel para llegar a la máxima capacidad del canal. Esto se consigue con una adaptabilidad espectral precisa, que proporciona un equilibrio óptimo entre la computación compleja y el retraso. Esta es la clave, juntamente con los algoritmos de eequalización no-lineal, para alcanzar la máxima capacidad del POF. Además, el sistema incorpora estructuras para proporcionar un enlace rápido y una implementación eficaz de la adaptación de la eequalización y la velocidad en cada instante (on-the-fly bit-rate set-up).

## Optimización

El paquete de datos ha sido diseñado con dos objetivos en mente: rentabilidad de la carga y eficiencia energética. Cada paquete contiene una señal concreta que sirve para adaptarse en cada momento a las condiciones del canal (on-the-fly adaption). Dispone de un modo especial de operación para velocidades de datos más lentas que utiliza un único tipo de paquete para reducir el consumo de energía, a la vez que reduce el tiempo de reinicio del enlace.

Resumiendo, ventajas de la tecnología en desarrollo a utilizar por los equipos de Actelser

- Capacidad del Canal: se acerca al máximo teórico de la capacidad del canal (limite de Shannon”).
- Implementación eficiente: Mínima superficie y reducido tamaño.
- Adaptación de velocidad (Adaptative bit-rate): flexible, adaptada en cada momento a las variaciones del canal y a sus prestaciones (on-the-fly adaptation).
- Diagnósticos: gran capacidad de diagnosis y monitorización del funcionamiento.
- Interficies de datos adaptadas a las necesidades de cada producto y sector.
- Eficiencia energética: alto rendimiento comparado con los estándares para aplicaciones de Gigabit Ethernet.

## TECNOLOGÍA ACTELSER

El despliegue de fibra que está llegando a cada vez más hogares y puntos donde, hasta hace unos años era impensable, lleva consigo la superación de nuevos retos a los instaladores. La principal dificultad con la que se encuentran en instalaciones interiores en vivienda, es que no existen canalizaciones adecuadas para la distribución de las telecomunicaciones y han de realizarse vistas, aprovechando los zócalos y esquinas para disimular su presencia, y agujereando los tabiques para llegar a los puntos definidos.

La utilización de la fibra óptica de plástico, permite aprovechar las canalizaciones eléctricas de la vivienda para distribuir la red de telecomunicaciones por toda la vivienda. Los dispositivos fabricados por ACTELSER se integran en los alojamientos de los mecanismos eléctricos de las viviendas para ofrecer una modernización limpia, práctica y sencilla de las viviendas.

El switch de 4 puertos POF y una entrada Ethernet, permite su instalación tanto en sobremesa como en pared o armario, junto al router de la compañía de telecomunicaciones. El funcionamiento del equipo en baja tensión mediante convertidor AC/DC, permite operar con unos valores seguros de tensión que eviten riesgos eléctricos a las personas. Las salidas de fibra deberán entrar en la canalización de la vivienda aprovechando cualquier punto de la instalación.

Los media-converters son fácilmente integrables en los mecanismos y permiten que las conexiones permanezcan en el interior del cajetín para obtener un mejor acabado.

La fuente de alimentación interna de estos equipos tiene una potencia suficiente para su normal uso y su consumo en stand-by muy reducido, de acuerdo a la norma IEEE.

El usuario final tendrá una toma de red en la pared donde poder conectarse a la red a velocidad Gigabit y, según la versión, tomas USB para la carga de dispositivos móviles y conexión de módulos auxiliares, y enchufe con toma de fuerza para la conexión de aparatos eléctricos.

El módulo auxiliar Wifi, se conecta a uno de los puertos USB para obtener la alimentación de 5 voltios y al puerto Ethernet para conectarse a la red. Dispone de un puerto de salida RJ45 que evita perder esta conexión al instalar el módulo Wifi.

El módulo Wifi de baja potencia está pensado para el uso personal del usuario y no para la utilización en toda la vivienda, si bien la potencia emitida por el mismo, puede llegar a dar cobertura a toda la vivienda dependiendo de sus dimensiones.

## Media Converter

En el media-converter podemos encontrar los siguientes bloques:

### ***FA – Convertidor AC-DC de entrada universal y salida regulada de 5vdc@2A***

La entrada universal entre 90 y 260vac - 50/60 Hz de clase II, sin conexión de tierra, está pensada para conectar cables eléctricos. Después del filtro de entrada, la señal se rectifica y pasa al transformador donde el circuito de control regula la conmutación para que la salida mantenga el voltaje de salida estable en 5v +/- 10%.

La conmutación de la fuente debe ser alta (superior a 100 KHz) para que el alimentador ofrezca una respuesta rápida a las necesidades de consumo del puerto USB y del circuito electrónico. Los reguladores de tensión son muy sensibles a las sobretensiones, por lo que la salida deberá protegerse convenientemente.

### ***REG – Reguladores de tensión que transforman los 5v en los voltajes adecuados para los circuitos de comunicación, 1v26, 2v5 y 3v3***

Los reguladores de tensión que alimentan el circuito digital, han de contar con una frecuencia de conmutación superior a 1 MHz. Es necesario que dispongan de protección por sobre-voltaje y exceso de consumo.

La alimentación de los circuitos digitales tener un rizado inferior al 5%, que podrá ser mejorado con filtros externos al circuito del propio regulador.

### ***FOT – Un transceptor que permite la conversión eléctrica en luz y viceversa***

Usamos un transceptor diseñado expresamente para su uso con el chip de KDPOF y cuyo funcionamiento se describe en el gráfico anterior.

El transceptor emite, a la misma potencia, la información que recibe de un par diferencial Tx y la señal recibida por el foto-receptor es amplificada según los parámetros que determine el KD para optimizar la recepción.

***KD – Dispositivo que interpreta los datos del FOT y permite una comunicación RGMII***

El chip usado en esta aplicación dispone de un puerto de comunicación RGMII que funciona a una velocidad de reloj de 125 MHz. La información se transforma internamente para poder atacar el transceptor POF.

La lógica interna tiene como base los 25 MHz generados por un oscilador de precisión de 50 ppm.

***PHY – Dispositivo que adapta la comunicación RGMII para atacar un puerto RJ45***

El dispositivo que controla los cuatro pares diferenciales del puerto Gigabit Ethernet es un chip estándar con conectividad RGMII. La lógica de control trabaja también con una señal de reloj de 25 MHz 50 ppm.

***RJ45 – Puerto Ethernet donde se conectará el cable eléctrico de red***

El puerto Gigabit Ethernet está formado por componentes pasivos que permiten la transferencia segura de la información entre el conector exterior y la lógica digital.

***MEM – Dispositivos de memoria donde se carga el firmware de configuración***

Los chips de KDPOF incorporan un firmware propio que les permite cumplir con su funcionamiento.

***USB – Puertos que ofrecen alimentación de 5vdc***

Los puertos USB no incorporan ninguna lógica, son puertos de alimentación que permiten el funcionamiento de componentes externos hasta una potencia determinada, 5v@1A.



*Figura 2. Media Converter.*

## Switch

El Switch de 4 puertos presenta los siguientes bloques:

***FA – Convertidor AC-DC de entrada universal y salida regulada de 5vdc@3A***

El esquema del alimentador será similar al del media-converter, un alimentador de clase II cuyo conector irá en función del país de destino. De todas formas, la conexión al producto se realiza por un conector estándar de 2,1/5,5 mm, lo que permitiría poder integrarlo en un sistema de alimentación existente, siempre y cuando se cumplan los límites fijados anteriormente.

***REG – Reguladores de tensión que transforman los 5v en los voltajes adecuados para los circuitos de comunicación, 1v26, 2v5 y 3v3***

Los reguladores son similares a los utilizados en las rosetas, pero en los switch se requiere mayor potencia y pueden variar los modelos y distribución de filtros en la PCB.

**FOT – Un transceptor que permite la conversión eléctrica en luz y viceversa**

**KD – Dispositivo que interpreta los datos del FOT y permite una comunicación SGMII**

Cuando es necesario el uso de un switch, la comunicación se realizará mediante el puerto Serdes y se escogerá un chip de KD diferente que contiene este tipo de conectividad. Los pares diferenciales SGMII permiten distancias más largas y reducen el número de líneas empleadas. A través del MDIO, se realiza la comunicación entre los diferentes puertos para dar prioridad y paso a unos y otros.

La frecuencia de la lógica digital sigue con la base de los 25 MHz 50 ppm.

**PHY – Dispositivo que adapta la comunicación SGMII para atacar un puerto RJ45**

Puede ser necesario el uso de un puerto Ethernet en el switch y para ello se dispone de su consiguiente circuitería adaptada a la comunicación SGMII.

**RJ45 – Puerto Ethernet donde se conectará el cable eléctrico de red**

Es idéntico al empleado en el media converter.

**SW – Dispositivo que controla el flujo de datos en todos los puertos**

Para el control del flujo de datos entre los diferentes puertos utilizamos un chip genérico de Marvell que cuenta con puertos SGMII y cuya programación se realiza mediante una memoria serie.

La frecuencia de trabajo es la misma que para el resto de componentes del sistema, 25 MHz.

**MEM – Dispositivos de memoria donde se carga el firmware de configuración**

En el switch disponemos de dos tipos de memoria, las de los KD y la del switch. La memoria de los KD se carga con el firmware que entrega el fabricante, y en la del switch introducimos los parámetros de los registros que queremos modificar para que el flujo de datos sea el adecuado.



Figura 3. Switch.



Figura 4. Switch instalado.

## RESULTADOS

En la exposición serán presentados los resultados obtenidos en la prueba piloto realizada con la operadora Telefónica.

## BECHECKIN: SISTEMA DE APERTURA DE PUERTAS A TRAVÉS DEL MÓVIL MEDIANTE APP

**Cristina Cobos Gómez**, Comercial, Becheckin

**María Ávila Cabeza**, Administrativa, Becheckin

**Resumen:** Ofrecemos un sistema de apertura de puertas mediante App sin realizar modificaciones en la puerta ya que actuamos en el marco de ésta. Mantenemos el mecanismo de apertura tradicional y ofrecemos a nuestros clientes un panel de control mediante el cual crean las llaves a sus clientes proporcionándoles una fecha de entrada y salida que será el tiempo que la llave tendrá validez en el móvil. Así mismo, en el citado panel de control lleva un registro de las entradas y salidas realizadas. La apertura se puede realizar tanto por wifi como por bluetooth por lo que contemplamos también la apertura en remoto, es decir, el propio administrador esté donde esté puede llevar a cabo la apertura de la puerta. Ofrecemos anexo un servicio de fastcheckin mediante el cual el cliente realiza el registro antes de llegar al hotel lo que facilita por completo las esperas y largas colas para realizar el check-in.

**Palabras clave:** Tecnología, Digitalización, Móvil, Domótica

### DESCRIPCIÓN DE NUESTRO SISTEMA - SOLUCIONES

Damos una solución a nuestros clientes de una manera eficaz al proporcionándole un panel de control mediante el cual pueden gestionar todas las llaves de sus clientes sin tener que estar ellos personalmente en el establecimiento para darla en mano. Simplemente crean un código que le proporcionan a sus clientes y estos mediante la App, al meter dicho código, le aparece la llave en su móvil.

Con la solución que damos de que el cliente pueda registrarse o hacer el check-in antes de llegar al propio establecimiento, evitamos que se produzcan largas colas y esperas en la recepción tanto de hoteles, hostales como apartamento. Por lo que es una manera eficaz y eficiente de realizar el check-in.

Imagine un sistema que le permita interactuar con su futuro huésped antes de que éste llegue, aumentando sus ingresos y la prestación de sus servicios. Piense también en un sistema sin colas en Recepción, donde la información del cliente se introduce en su PMS como por arte de magia cuando el usuario llegue al establecimiento. Un sistema donde la llave de la habitación la obtuviera el huésped sin que nadie tuviera que dársela, un sistema donde el consumo eléctrico se comprobara por la presencia de la persona en la habitación, que fuera eficiente y que no existieran despilfarros. Un sistema conectado donde todo se pudiera controlar tecnológicamente, que ofreciera información útil de lo que pasa en cada habitación.

Nos centramos en 3 aspectos claves que para nosotros son esenciales:

1. **Diferenciación:** El hecho de que un establecimiento se encuentre adaptado a la era 4.0. Es ya un elemento diferenciador respecto a la competencia. Nuestros sistemas no son excluyentes, y proporcionan valor añadido. Se trata del smartbuilding, con el uso de nuevas tecnologías.
2. **Innovación:** Revisamos continuamente nuestros procesos operativos buscando la eficiencia en base a nuevos proyectos. Disponemos de nuestro propio área de I+D+i, para ofrecer soluciones tecnológicas efectivas a nuestros clientes.
3. **Flexibilidad:** Le acompañamos y nos adaptamos a sus necesidades. Esta personalización nos hace únicos y nos permite gestionar su proyecto a medida. De la misma forma, ofrecemos diseño, ejecución y mantenimiento, con un soporte exclusivo de ticketing a medida.



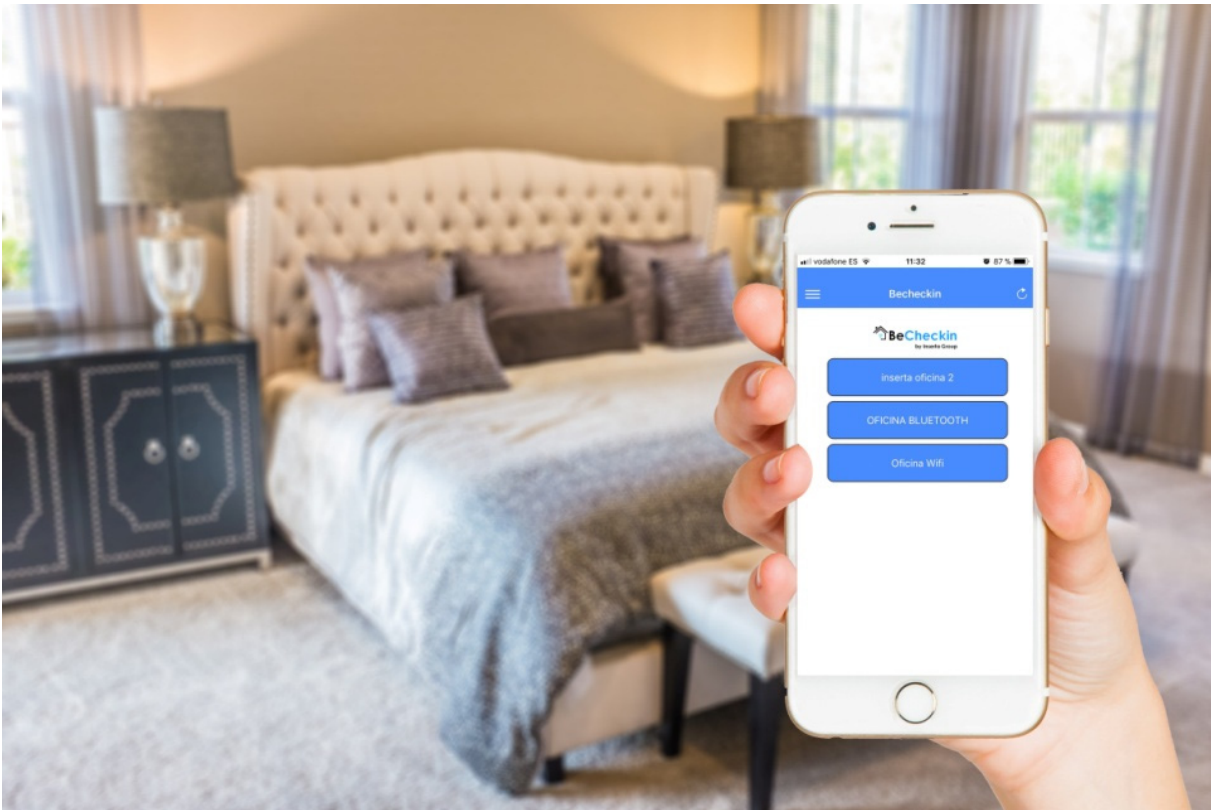


Figura 1. App Becheckin.

## VENTAJAS

### Ventajas de nuestro sistema para los hoteles

- Darles utilidad a las aplicaciones de los hoteles y conseguir que los usuarios se las descarguen.
- Podrá darle acceso a cada huésped para unas fechas determinadas desde el mismo momento que hagan la reserva.
- Al interactuar con el cliente en origen, puede venderle más servicios y aumentar los ingresos.
- Ahorro en costes de tarjetas que se lleva el huésped.
- Evitará que los huéspedes tengan que hacer cola en recepción para obtener las tarjetas.
- BigData de los hábitos de los huéspedes, que nos permite sacar conclusiones.
- Integrable con todos los PMS del mercado.
- Conocer qué clientes han accedido, a qué habitaciones y a qué hora. Cuáles están ocupadas y cuáles no.
- Fidelización del cliente tecnológico.
- Gran diferenciación de su establecimiento con todo lo existente.

### Ventajas para apartamentos turísticos

- Ya no será necesario que esperes a tus huéspedes para entregarles las llaves. Qué mayor ventaja que no tener que sufrir retrasos o horarios de vuelo nocturnos.
- El ahorro de no tener que hacer copias de la llave. Puedes dar acceso a tantos huéspedes como quieras.
- Seguridad que ningún huésped o trabajador podrá hacer copia de la llave.
- Información al saber ha entrado el personal de limpieza y los huéspedes.

- Podrás controlar y dar acceso a los huéspedes desde tu panel de control y limitar los permisos de cada huésped por fecha y hora.
- Evitar el cambio de cerradura, ya que ningún huésped podrá quedarse la llave por error.
- Puedes interactuar con el cliente a través de la aplicación.
- Comodidad para el huésped al no tener que llevar incómodas y pesadas llaves
- Experiencia de cliente de primera clase que consigues fidelizar.

### **Ventajas para garajes**

- Podrás dar acceso a familiares y amigos sin la necesidad de duplicar mandos, lo que supone un ahorro.
- Podrás gestionar los accesos en tiempo real y otorgarlos de forma diferente a cada usuario
- Podrás evitar tener que abrir la puerta del garaje a quienes quieras que entren.
- Es 100% fiable y altamente seguro. Además de compatible con todos los teléfonos del mercado y al no necesitar cambiar la cerradura es complementario al sistema que se tenga instalado.

### **Ventajas para parkings y empresas de particulares**

- Desde el panel de control se podrá gestionar los permisos otorgados a cada empleado y se podrá dar acceso a los clientes para que ellos también puedan abrir la puerta desde su móvil.
- No será necesario volver a hacer copias de llaves, mandos ni tarjetas de acceso.
- Estos permisos pueden ser diferentes para cada empleado. Se pueden limitar por fecha y hora.
- Los permisos pueden ser eliminados en cualquier momento, de esta manera se evitan los accesos no deseados.

### **Ventajas para gimnasios**

- Ya no serán necesarias las tarjetas de acceso, ni los pases personales.
- Podrás tener un control exhaustivo de los usuarios y gestionar los permisos de cada uno desde tu panel de control.
- Si algún cliente se da de baja, podrás eliminar los accesos en cualquier momento y así evitar el acceso no deseado.
- Es un sistema innovador, cómodo y compatible con todos los móviles del mercado.

## **SISTEMA PARA AGILIZAR EL CHECKIN**

### **Fastcheckin**

#### ***Problemas que cubrimos***

- A los huéspedes no les gusta esperar para recibir la llave de la habitación que se ha pagado, les causa ansiedad y estrés.
- Tienes a un huésped un tiempo esperando, mientras se realiza una obligación mecánica.
- Es muy posible que se cometan errores al introducir todos los datos de DNI o pasaporte de personas de otros países.
- El tiempo del cliente de su establecimiento es oro. No se debe malgastar en operaciones que no aportan ningún valor ni experiencia favorable del cliente.
- El recepcionista, la primera imagen de su negocio cuando llega un cliente, debe estar con la mejor sonrisa y agrado. El hecho de introducir una gran cantidad de datos de muchas personas le causa estrés y ansiedad, que, a la postre, se puede reflejar en un incorrecto trato al huésped.

#### ***Beneficios que aportamos***

- Rapidez en el checkin, ya que consigue reducir en un 90% el tiempo de espera del huésped.
- El check-in lo hace automáticamente el huésped a través de un QR.
- No se producen errores al introducir los datos en el PMS ya que es el mismo huésped el que los introduce y revisa. Tan solo tiene que hacerle una foto a su DNI o pasaporte.

- Se consigue que el huésped se descargue la aplicación del hotel gracias a la utilidad que le provoca el FastCheckin, consiguiendo una reducción del tiempo de espera.
- El recepcionista tan solo tiene que comprobar el DNI. No tiene que teclear nada, y solo tiene que preocuparse por mostrarse agradable y servicial con el huésped pudiendo aumentar las ventas de servicios auxiliares del hotel.

## CONCLUSIONES

Finalmente recalcar que ofrecemos a nuestros clientes una forma digitalizada de abrir las puertas, eficaz y eficiente minimizando los esfuerzos a la hora tanto de obtener la llave como de abrir cualquier tipo de puerta desde el móvil. Convirtiendo así los edificios simples en edificios inteligentes.

# DE LA PUERTA TRADICIONAL AL CONTROL DE ACCESOS SEGURO E INTELIGENTE BASADO EN LLAVES MÓVILES: HACIA UN NUEVO PARADIGMA DE CERRADURA

**Pedro Nieto**, Director de marketing y responsable de producto, STI CARD

**Resumen:** Vivimos en una sociedad en la que los conceptos de movilidad y practicidad se emparejan en un binomio presente en todas partes. Refiriéndonos a los edificios inteligentes, esto se plasma en la posibilidad de reducir los costes operacionales que suponen seguir empleando cerraduras de puertas clásicas y llaves mecánicas, siendo sustituidas en muchos casos por aperturas mediante llaves virtuales, cómodas y prácticas, almacenadas en nuestros teléfonos móviles.

SCLAK no es sólo un nuevo paradigma en ese ámbito, si no que además, convierte cualquier cerradero electrónico existente en un control de accesos inteligente y seguro, permitiendo también que un bombillo común se reemplace por un cilindro inteligente de apertura mediante llaves virtuales móviles.

**Palabras clave:** Control de Accesos, SCLAK, Llave Virtual, Smartphone, Cilindro, STI CARD

## ANTECEDENTES

Un día cualquiera, una mañana cualquiera, una ciudad cualquiera, una vivienda cualquiera... -¡Vamos niños que llegamos tarde al colegio y está lloviendo!-... -¡Cariño recuerda que yo voy a por el peque después del trabajo y tú te encargas de los mayores a la salida del cole!-... -¡Vamos, vamos que no llegamos al autobús!- Todos salen de casa apresurados y tras oír el portazo habitual, la puerta de la vivienda se cierra tras la familia Rodríguez...

-¡Cielo, tengo que volver, me he olvidado las llaves!-, -no pasa nada, se las pides después a la vecina... -pero es que también me he dejado el móvil, ida media vuelta!-... ese día, en pleno atasco mañanero, el matrimonio toma la siguiente salida en la autopista y regresa a casa a por el móvil del Sr. Rodríguez, mientras su mujer llama a su compañero de trabajo para explicar que se retrasará en su entrada a la oficina; después, envía un whatsapp a su jefa y le pide retrasar la reunión unos minutos porque llegará tarde... -¡mi marido, un desastre, cualquier día se deja la cabeza, etc. sí, se ha dejado el móvil en casa y estamos dando la vuelta para volver a por él... ahora nos vemos!

La anécdota curiosa es que éste matrimonio volvió a casa, el Sr. Rodríguez apresurado recogió su móvil y olvidó las llaves nuevamente... al llegar a la oficina, tuvo que pedir a Seguridad del complejo empresarial en el que trabajaba, que le abriera la barrera del parking. Un compañero tuvo que emplear su llave de seguridad para acceder desde el aparcamiento subterráneo en el ascensor que los lleva a la planta noble del edificio. Una vez allí, fichó como cada día con su tarjeta de proximidad en el torno, pero tuvo que pedir al conserje que empleara su llave maestra para abrirle la puerta de su despacho...

Ahora, hagamos todos un ejercicio: ¿cuántos de ustedes tienen un smartphone? ¿cuántos de ustedes llevan en sus teléfonos móviles una herramienta de comunicación profesional como el correo electrónico? ¿podrían levantar la mano cuántos, además de su e-mail profesional, llevan también una cuenta personal? ¿emplean whatsapp? ¿se conectan a sus redes sociales a través de smartphone? ¿cuántos han leído un feed de noticias o consultado la información sectorial del día en un blog o prensa online? ¿llevan las fotos de sus seres queridos? ¿emplean banca electrónica a través del móvil? Si han acudido a este Congreso desde fuera de Madrid, ¿cuántos llevan sus tarjetas de embarque o información del viaje en sus teléfonos móviles?... Finalmente, ¿cuántos de ustedes no habrían hecho lo mismo que el Sr. Rodríguez? Por último, ¿cuántas llaves o sistemas físicos de acceso (tarjetas o llaveros) llevan consigo habitualmente?

## INTRODUCCIÓN

Sirva este pequeño teatro para explicar que hoy en día, somos móviles dependientes en el sentido más amplio y menos nocivo del término “dependencia”. Vivimos en una sociedad conectada, móvil, en la que la movilidad se traslada a los ámbitos más diversos, desde lo personal hasta lo profesional, pasando por lo lúdico.

Si hablamos de la practicidad, sin duda la tendencia es clara, todos queremos una vida más sencilla, más fácil, con todo lo que necesitamos al alcance de la mano o mejor dicho, de un clic. Esta practicidad se empareja, sin darnos cuenta, con el concepto de movilidad: compramos con un clic a través de nuestro móvil, nos comunicamos de manera rápida y sencilla a través de un dispositivo móvil, etc.

Y ahora traslademos este binomio de movilidad y practicidad al interior de un edificio inteligente. ¿Se cumple en todos los ámbitos? ¿Son nuestros edificios móviles y prácticos? Creo que la respuesta, en términos generales, es que sí, cada vez más, pero insisto, en términos generales.

Sin duda, la movilidad es el campo que más está transformando las ciudades. Las nuevas normativas, enfocadas también hacia la sostenibilidad, van dirigidas a facilitar la movilidad, habilitándose por ejemplo puntos de recarga inalámbrica para vehículos eléctricos e híbridos en los nuevos edificios y también en proyectos de rehabilitación. Además, los accesos son cada vez más, afortunadamente, universales, facilitando y convirtiendo en prácticos para todos, la posibilidad de entrar, salir y movernos por su interior.

Sin embargo, en pos de la sostenibilidad, apostamos por tecnologías de calefacción, de iluminación, de gestión incluso, pero nos olvidamos de un aspecto esencial: la seguridad. Hoy en día, la seguridad en estos edificios inteligentes ha mejorado ostensiblemente con la implantación de soluciones tecnológicas diversas: sistemas biométricos, video vigilancia o incluso seguimiento en tiempo real de los usuarios... y sin embargo, seguimos empleando elementos físicos poco seguros por lo transferible; poco seguros porque no aportan información ni del quién, ni del cuándo; poco seguros y poco prácticos porque nos anclan a soportes físicos como una llave o una tarjeta plástica. En nuestra sociedad, en la que la tecnología avanza a pasos agigantados, es habitual encontrarse aún con sistemas tradicionales de seguridad en un control de accesos, basados en barreras físicas controladas por personal de vigilancia. Tampoco es extraño que los trabajadores sigan utilizando sistemas de fichaje basados en un soporte físico como la tarjeta plástica de banda magnética o, en el mejor de los casos, de proximidad RFID.

La seguridad en nuestro país sigue estancada en el uso de algo que tenemos, la tarjeta, o algo que sabemos, una contraseña o clave, que son todo, menos seguras. Sistemas vulnerables con presunción de “personal e intranferible”. Nada más lejos de la realidad. Hablar de seguridad en un edificio inteligente implica no sólo el entorno o los accesos principales, si no también las puertas que nos encontramos en el interior, lugares de paso, accesos a infraestructuras críticas, almacenes y si hablamos de espacios profesionales compartidos o co-working, de los propios compartimentos de trabajo individualizado. Se trata de convertir la puerta tradicional en un control de accesos seguro e inteligente. Es necesario un sistema flexible, en un entorno de movilidad, práctico y sobre todo que aporte un valor añadido tanto a quien lo gestiona, como al que lo utiliza. Hablamos de un nuevo paradigma de cerradura.

## DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Vivimos en un entorno móvil, donde el uso de teléfonos inteligentes es una realidad. El sector de la seguridad no puede permanecer ajeno a todo esto y ya es posible que el usuario emplee su propio teléfono para abrir una puerta. SCLAK es un dispositivo y una solución que permite el empleo de una “llave en el móvil” que permite, a través de la app con el mismo nombre, emplear una llave virtual segura, asociada a un número de teléfono un correo electrónico, no residente en el dispositivo, para abrir puertas mediante conectividad bluetooth. Sin duda, se trata de un valor añadido sobre los sistemas existentes, permitiendo que los usuarios accedan a una oficina, hotel, vivienda, etc., con sus propios dispositivos móviles sin necesidad de tener que llevar consigo llaves o tarjetas de acceso.

SCLAK es un dispositivo y una app móvil que convierten cualquier cerradura electrónica en un control de accesos seguro e inteligente que permite, entre otras opciones, la apertura con una llave virtual móvil. Además, también se presenta como un cilindro que simplifica aún más la instalación ya que sólo requiere reemplazar el bombillo de la cerradura por éste.



Figura 1. SCLAK es una app y un dispositivo.

## Universal

La instalación de SCLAK es muy sencilla. Es compatible con cualquier cerradura electrónica del mundo. No es necesario sustituir el cerradero, tan sólo conectar la unidad SCLAK a la alimentación que opera el cerradero o, cuando está integrado en un cilindro, sustituir el bombillo de la cerradura. Puede instalarse en puertas convencionales de una vivienda o una oficina, pero también en puertas automáticas, apartamentos vacacionales, hoteles y albergues rurales o en cualquier elemento que funcione de manera electrónica para producir una activación de un relé, es decir: barreras de parking, portones, ascensores, paneles domóticos, etc.

## Seguro

Las comunicaciones son seguras gracias a que el sistema emplea el protocolo SHA-256 para la transferencia de datos, con certificados autenticados. La comunicación entre el smartphone y el dispositivo SCLAK emplea la tecnología Bluetooth 4.0 y cada intercambio de datos está protegido por la autenticación en dos pasos:

- Durante la autenticación SCLAK verifica que el teléfono está autorizado para conectarse.
- La clave secreta cambia en cada nuevo mensaje y las interacciones no pueden ser analizadas para extraer la clave de comunicación secreta.

¿Y si nos roban o perdemos el teléfono móvil? Nada de qué preocuparse, siempre podemos resetear nuestras credenciales y todos los accesos desde cualquier otro teléfono móvil para que nadie pueda usarlos sin nuestra autorización.

Para aumentar la seguridad, SCLAK incorpora cuatro perfiles de usuario en función de la manera en la que interactúan con el sistema: instalador, administrador, propietario e invitado.

### 1. Instalador:

- Es el que coloca la unidad SCLAK o el cilindro en su ubicación.
- Realiza un test técnico desde la app móvil para verificar la instalación correcta.
- Geolocaliza el producto y puede incorporar un nombre y descripción para el dispositivo.
- El instalador no tiene nunca permisos para abrir la puerta.

### 2. Administrador:

- Es el que activa el producto en la nube, mediante un código numérico de 12 dígitos incluido en el packaging del producto.
  - A continuación nombra uno o dos propietarios mediante e-mail o SMS a su número de teléfono móvil.
  - Por seguridad, el administrador no puede abrir la puerta a menos que se configure a sí mismo como propietario.
3. Propietario/s:
- Los propietarios son los únicos habilitados para emitir llaves. También pueden abrir la puerta.
  - Las invitaciones se envían a los números de teléfono móvil de los usuarios o mediante e-mail.
  - Son los únicos que pueden activar las restricciones de calendario para los invitados y visualizar el historial de movimientos del control de accesos.
4. Invitados:
- Una vez reciben la llave mediante SMS o e-mail, descargan gratuitamente la app y se registran con su usuario y contraseña.
  - Activan su llave en la app y desde ese momento pueden abrir la puerta.

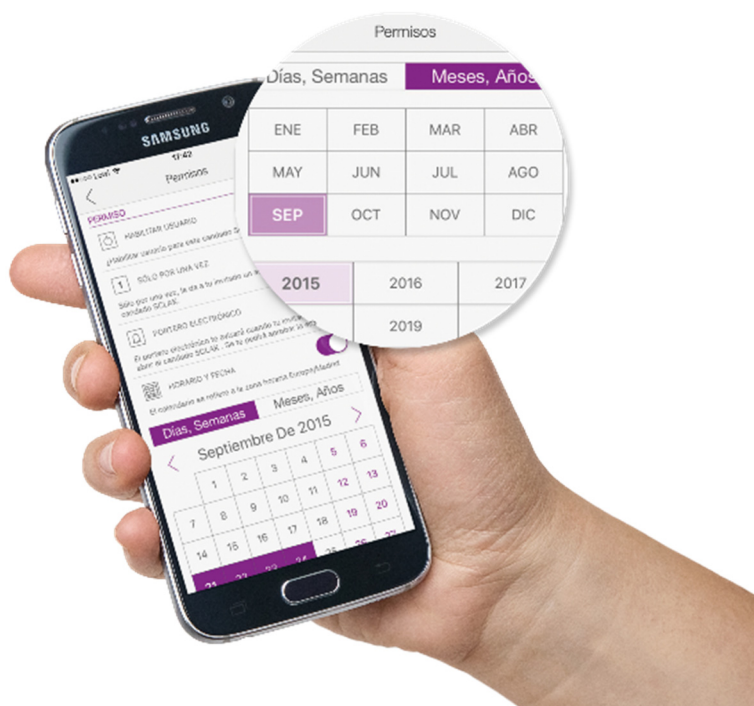


Figura 2. Los propietarios tienen el control de las restricciones y permisos del control de accesos.

## Inteligente

Para abrir cualquier cerradura, basta con usar la app instalada en el teléfono móvil. El gestor puede controlar todos los accesos con permisos o llaves indefinidas o con cualquier tipo de restricción temporal. Las llaves pueden enviarse a los usuarios desde cualquier móvil o un backoffice web, en cualquier momento, desde cualquier lugar, de manera individual o colectiva. SCLAK es un sistema práctico y muy flexible.

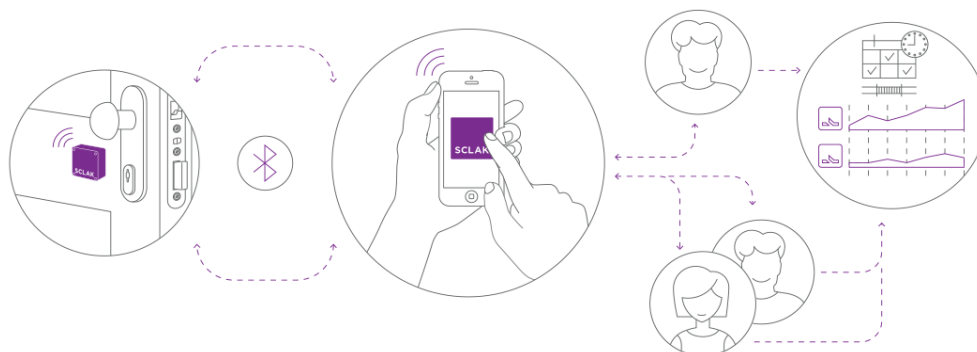


Figura 3. La comunicación bluetooth permite la gestión completa de accesos y usuarios.

## Gestión SMART

Para considerar un edificio como inteligente, partimos de la premisa que éste debe reunir las siguientes características:

- Ser eficiente en el consumo.
- Integración de sus sistemas de control.
- Ser seguro.
- Ser flexible para adaptar los cambios tecnológicos.
- Ser ergonómico.

Cuando hablamos de una solución como SCLAK, revisemos estas premisas:

- Eficiencia de consumo:
  - o SCLAK se conecta a un cerradero electrónico a 12/24 V. El consumo eléctrico es reducido y el hecho de ser un terminal bluetooth también contribuye a esta eficiencia.
  - o Al ser un sistema de control de accesos basado en la nube no requiere de complejas instalaciones cliente/servidor, ni cableados de red, ni instalaciones complejas.
  - o La gestión de recursos, desde el punto de vista de elementos físicos como tarjetas o llaves se reduce, minimizando el coste de reposición.
  - o Integración: La solución SCLAK puede ser integrada con soluciones de control de accesos de terceros y aplicaciones fácilmente. Cuenta con su propia API y SDK para facilitar esta premisa.
  - o Seguro: SCLAK, a diferencia de otras soluciones bluetooth existentes en el mercado, gestiona las llaves de apertura de manera que éstas no residen en los dispositivos, si no que funcionan como medias llaves:
    - En el momento que se crea un nuevo usuario, se almacena en la nube la mitad de la llave que contiene las credenciales y permisos para dicho usuario: restricciones de calendario, tipo de apertura, perfil del usuario, etc.
    - La otra mitad de la llave es enviada mediante SMS o e-mail al usuario, bien desde un teléfono móvil del administrador o bien desde el backoffice web a través de cualquier ordenador. Es decir, no existen llaves -o medias llaves, mejor dicho- funcionales ni en el servidor cloud, ni en poder del usuario.
    - En el momento que el usuario quiere realizar la apertura, la mitad de la llave asociada a su número de teléfono o correo electrónico, pregunta a la nube por la mitad de la llave correspondiente. La nube devuelve una comunicación de confirmación o denegación con los permisos asociados y permite o no



la apertura si procede. Además, esta comunicación es encriptada y la clave secreta cambia en cada nuevo mensaje y las interacciones no pueden ser analizadas para extraer dicha clave.

- Adicionalmente, cualquier usuario, haciendo login con su usuario y contraseña en la aplicación, desde cualquier dispositivo, puede revocar la sesión iniciada en otro dispositivo en caso de sustracción o pérdida.
  - SCLAK dispone de múltiples capas de seguridad adicionales en el momento de la apertura: verificación mediante PIN o huella dactilar en el teléfono móvil, notificaciones al administrador en cada apertura, función de portero automático para una verificación en tiempo real por parte del administrador...
- Flexible y adaptable: SCLAK está concebido para existir en un entorno de movilidad, cambiante por sí mismo y por lo tanto se adapta a las nuevas tecnologías por concepto.
  - Ergonómico: La practicidad que aporta SCLAK va más allá del propio sistema, ya que los usuarios van a emplear un objeto tan cotidiano y personal/profesional como es su propio teléfono móvil (personal o corporativo), para acceder.

## Información

La información es un valor, en cualquier circunstancia. Contar con un sistema de control de accesos en cualquier puerta, a través de cualquier sistema de apertura y en prácticamente la totalidad de un edificio inteligente, es vital para la organización y la seguridad. La información nos ofrece luz para entender de qué manera se comportan los individuos cuando interactúan con el sistema de seguridad, ofreciendo datos que van más allá de quién ha accedido y cuándo. SCLAK aporta la ventaja de ser un sistema de control de accesos flexible y vivo, que se adapta a los cambios y necesidades de la organización, permitiendo la gestión de los accesos, pero también aportando información de valor en tiempo real. Ahí reside su valor.

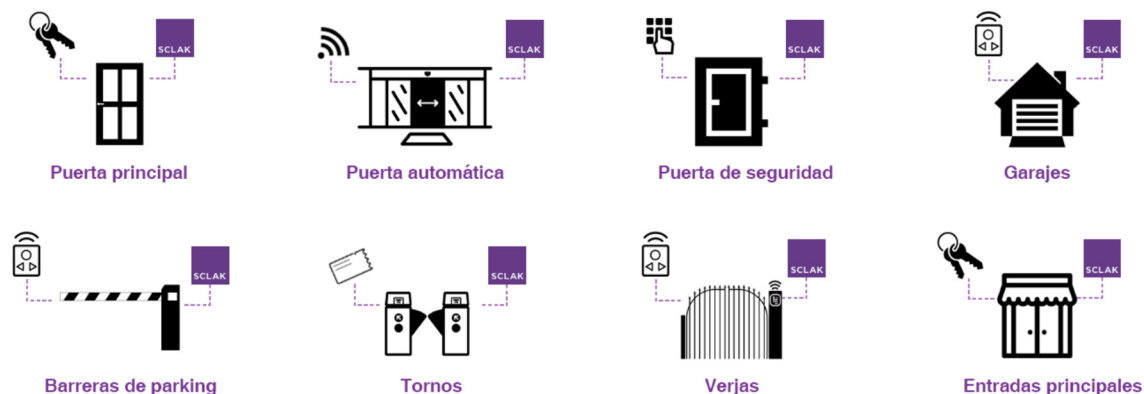


Figura 4. SCLAK convive con otras modalidades de apertura existentes.

Nuestro móvil es nuestra cámara de fotos, nuestro navegador GPS, nuestra tarjeta de crédito, el medio para comunicarnos, una herramienta de trabajo y ahora, con SCLAK, puede ser también la llave para abrir cualquier puerta de un modo inteligente y seguro.

## CONCLUSIONES

Cuando hablamos de un nuevo paradigma de cerradura en edificios inteligentes es porque el objetivo debería ser el de facilitar el acceso a cualquier lugar, con una acción simple, segura e inteligente. SCLAK ha sido concebido como una solución para evolucionar al resto de sistemas, no para reemplazarlos. No interfiere en ningún caso con los sistemas de apertura actuales, puede trabajar de un modo paralelo.

## PROSEGUR OJO DE HALCÓN, LA SEGURIDAD INTELIGENTE EN LA PUERTA DE TU INMUEBLE

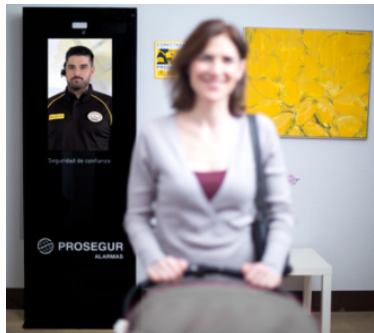
**David del Peso Parra**, Responsable Comercial Proyecto Prosegur Ojo de Halcón, Prosegur Alarmas  
**Sandra Céspedes Martínez**, Responsable de RRSS y Contenidos, Prosegur Alarmas

**Resumen:** Se presenta un sistema de seguridad inteligente que vela por la seguridad en el portal de las comunidades de vecinos. Es un producto que empezó en Argentina en 2014 y en 2017 llegó al mercado español. Permite la interacción las 24 horas los 7 días de la semana con un vigilante que permanece de manera permanente en su puesto.

**Palabras clave:** Innovación, Seguridad para Inmuebles, Comunidad de Vecinos, Inmediatez, Invulnerabilidad, Vigilancia Inteligente.

### INTRODUCCIÓN

Prosegur se enfrenta a las quejas de sus clientes por serios problemas de vandalismo, ocupación, agresiones y mal uso de las instalaciones en las comunidades de vecinos de Argentina. Pero el alto coste de la vigilancia tradicional no la hace accesible en estos entornos. Por ello, desde Prosegur se trabaja en el desarrollo de un proyecto de vigilancia que puedan costearse no sólo las grandes empresas. El equipo de innovación y desarrollo se pone a trabajar hasta que llega a la solución Ojo de Halcón. Es un sistema de vigilancia inteligente las 24 horas, con respuesta inmediata, invulnerable y económica.



*Figura 1. Tótem en el portal de un inmueble.*

El Servicio de Ojo de Halcón se inspira en la Seguridad que Prosegur lleva prestando desde hace años a las grandes empresas y a infraestructuras críticas. Estos servicios prestados se basan en la vigilancia desde un centro de control, mucho más eficiente y económico que la vigilancia tradicional.

Gracias a un esfuerzo en tecnología y desarrollo de producto, Prosegur ha conseguido bajar esa Vigilancia en remoto desde centro de control a Comunidades de vecinos y edificios de empresas. Consiguiendo el mismo nivel de seguridad, pero a unos costes mucho más reducidos, muy asumibles por el gran consumo.

### EL PROYECTO

La seguridad inteligente llega a los hogares para aumentar su protección y reducir costes.

Inicialmente el Proyecto Ojo de Halcón fue dirigido a las Comunidades de Vecinos tras el éxito conseguido en Argentina y Uruguay.

Tras los comienzos de comercialización en España, nos damos cuenta de que el boca a boca y el conocimiento de producto por parte de otros sectores nos derivan a ofrecer este Servicio al sector hotelero, sedes de empresas, gasolineras desatendidas, centro de negocio, clubs deportivos, etc.

La idea se propone para que las comunidades de vecinos estén protegidas en todo momento ya que un vigilante homologado de Prosegur está vigilando todos los puntos de vigilancia que se determinen. Existe una interacción real en todo momento con el vigilante a través del tótem fabricado en acero con frontal de policarbonato de alta resistencia al impacto. Mide 2 metros de altura, 70 centímetros de ancho y 12 de grosor. Su línea sobria y elegante de color negro, resulta adecuado para cualquier entorno.



Figura 2. Tótem de Prosegur Ojo de Halcón.

Los micrófonos y altavoces permiten la comunicación en tiempo real, y es que el micrófono de alta sensibilidad garantiza un sonido claro y natural. Las cámaras permiten que el vigilante pueda controlar lo que sucede en el inmueble. Las cámaras de tecnología IP disponen de visión nocturna y tienen alta resolución para prestar una óptima vigilancia.

El monitor tiene 32 pulgadas y alta luminosidad. El vigilante permanecerá visible permanentemente en la pantalla.

El tótem tiene una sirena que alerta a los vecinos en caso de situación sospechosa. Se activa de manera inmediata por el vigilante. Gracias a su sonido de 115 decibelios y su luz estroboscópica es un elemento altamente disuasorio.

Por último, tiene un sistema ininterrumpido que mantiene en funcionamiento la instalación, aunque se produzcan cortes de luz.

### **FUNCIONAMIENTO TÓTEM + VIGILANTE**



Figura 3. Componentes del tótem de Prosegur Ojo de Halcón.



Figura 4. Componentes del tótem de Prosegur Ojo de Halcón.

- El **tótem** se instala en las zonas de acceso a las instalaciones a proteger (finca, urbanización, nave, hotel, etc). El vigilante se encuentra en **tiempo real** en las instalaciones, lo que permite una **comunicación bidireccional** entre vigilante y personas.
- De esta manera, se ejerce un efecto disuasorio ante posibles intrusiones o intentos de accesos no permitidos.
- Gracias a que la solución cuenta con diversas cámaras instaladas en los puntos clave de la instalación permite que el vigilante tenga una visión de 360 grados.
- En caso de salto de posible intrusión el vigilante actúa de manera inmediata enviando a un Acuda y, si es necesario, avisa a la Policía.

## CUALIDADES DE LA SOLUCIÓN PROSEGUR OJO DE HALCÓN

### SIRENA

Alerta a los vecinos en caso de situación sospechosa. Es activada de manera inmediata por el vigilante. Gracias a su sonido de 115 decibelios y su luz estroboscópica es un elemento altamente disuasorio.

### MICRÓFONO Y ALTAVOCES

Permite la comunicación en tiempo real. El micrófono de alta sensibilidad garantiza un sonido claro y natural. Incorpora unos altavoces de alta potencia.

### TÓTEM

Fabricado en acero con frontal de policarbonato de alta resistencia al impacto. Tiene unas medidas de 2 metros de alto, 70 centímetros de ancho y 12 centímetros de grosor. Su línea sobria y elegante de color negro, resulta adecuado para cualquier entorno.



### CÁMARAS

Permiten que el vigilante pueda controlar en todo momento lo que sucede en el inmueble. Las cámaras de tecnología IP disponen de visión nocturna. Cuentan con una alta resolución para prestar una óptima vigilancia.

### MONITOR

Tiene 32 pulgadas y alta luminosidad. Permite la interacción constante con el vigilante, que permanecerá visible permanentemente en la pantalla.

### SAI

Es un sistema ininterrumpido de alimentación que mantiene en funcionamiento la instalación aunque se produzcan cortes de luz.

Figura 5. Cualidades del tótem de Prosegur Ojo de Halcón.

## MATERIAL

Prosegur ha desarrollado varios materiales para el lanzamiento de este nuevo producto en el mercado español. El más importante y didáctico es el siguiente vídeo: <https://www.prosegur.es/hogares-y-personas/ojo-de-halcon>

En la misma línea, creemos que la forma de acercar el producto a nuestros clientes es mostrándole casos reales de instalación de la solución, como es el caso de la pieza que realizamos con la cadena TELEMADRID: <https://we.tl/JesyIWEq1X>

## RESULTADOS

Los hallazgos de la implementación en el mercado latinoamericano ha sido un éxito rotundo. En Argentina ya se cuentan con más de 350 instalaciones. El proyecto también es un éxito en Uruguay, más de 40 instalaciones en menos de dos años sólo en la ciudad de Montevideo.

En España se está consolidando como una buena solución para evitar la ocupación, el vandalismo y los robos.



Figura 6. Cámara instalación real de Prosegur Ojo de Halcón.



Figura 7. Tótem instalación real de Prosegur Ojo de Halcón.



Figura 8. Tótem instalación real de Prosegur Ojo de Halcón.

## CONCLUSIONES

Es un sistema eficaz para evitar robos, vandalismo, ocupación y mal uso de las instalaciones en comunidades de vecinos.

En una comunidad de vecinos les habían robado 6 veces en dos meses y desde que se instaló Prosegur Ojo de Halcón sólo han tenido 2 intentos frustrados por el sistema de vigilancia inteligente.

Aunque nuestro objetivo principal es la seguridad de edificios residencial y Pyme, nuestra experiencia ha conseguido casos de éxito muy diversos, desde el desalojo de viviendas ocupadas, solución de siniestros en inmuebles como rotura de tuberías, eliminar los vandalismos internos, evitación de grafitis en paredes de la Comunidad, asistencia a personas mayores en horas de la madrugada, frustrar eventos de botellón, coordinación con policía en robos a viviendas.

## EXPERIENCIAS CON NUESTROS CLIENTES

- Instalación de Prosegur Ojo de Halcón en el Centro de Negocios en el núcleo de Madrid con una frecuencia de robos e intrusiones mensuales, gracias a la solución de nuestro producto se han frustrado dos intentos de intrusión. Asimismo, no se he vuelto a registrar ningún tipo de robo o intrusión.
- Nos encontramos ante una zona de Madrid con alta actividad tanto de badnalismo como de ocupación; gracias a Prosegur Ojo de Halcón, se han desalojado los pisos ocupados en un mes y ya no se han vuelto a producir actos de vandalismo.
- En la localidad de Esplugues de Llobregat, Barcelona, una comunidad de vecinos contraba con dos pisos ocupados, donde además existía la actividad de venta de droga. Gracias a Prosegur Ojo de Halcón, en un período de tiempo de poco más de un mes, se desalojaron los dos pisos con el conseguiente cese de actividad de venta de estupefacientes y tranquilidad de los vecinos.
- También estamos presentes en Extremadura, concretamente en un Hotel de autogestión, los cuales están encantados con el servicio de Prosegur Ojo de Halcón y les proporciona tranquilidad y ofrece una visión más sofisticada para sus clientes.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a todo el equipo de investigación de Prosegur por hacer posible la consecución de un producto totalmente revolucionario y avanzado tecnológicamente, con el que podamos porporcionar una tranquilidad completa y ofrecer un servicio de calidad de acorde a las necesidades de nuestros clientes, que son el principio y el fin de las soluciones en seguridad que ofrecemos.

Asimismo, nos gustaría también dar las gracias a las instalaciones que cuentan con nuestro producto que nos hayan permitido contar sus experiencias, así como mostrar una parte de toda la seguridad que nuestro sistema es capaz de ofrecer.

## BUILDING 4.0 - EDIFICIOS VIVOS EN CONSTANTE EVOLUCIÓN

**Roberto Iraola Pazos de Provens**, Building Automation Manager, Beckhoff España

**Resumen:** Como es sabido en el sector cada vez toma más peso la tecnología de control en los edificios inteligentes si se quiere conseguir un grado de eficiencia energético elevado. Llevamos mucho tiempo en la industria trabajando con el concepto “Industry 4.0” ya con proyectos reales y con un feedback del cual ya podemos sacar conclusiones. Estas conclusiones están siendo positivas y ahora nos queda hacernos una pregunta: **¿por qué no Building 4.0?** Han habido muchas discusiones sobre qué protocolos utilizar para estos escenarios de control y cada vez toma más sentido las soluciones basadas en la utilización del Protocolo “Bacnet IP” como solución troncal para comunicar todos los subsistemas del edificio (iluminación, HVAC, persianas etc...) e “IoT” (Internet of things) como herramienta para la explotación y análisis de datos para conseguir “Edificios vivos” en los que constantemente podamos ir mejorando el grado de eficiencia energética. Es importante convencer a los usuarios que un Edificio no es un “ente muerto” si no “vivo” en constante evolución y no se puede evolucionar ningún sistema si no se tienen datos en cantidad y calidad suficiente para analizarlos y tomar medidas correctivas.

**Palabras clave:** Bacnet, IP, IoT, Soluciones, Control, Edificios

### ESCENARIOS DE CONTROL DE EDIFICIOS A DÍA DE HOY

Si analizamos el mercado de automatización de control de Edificios (Building Automation) de los últimos años veremos que efectivamente se realizaron mejoras cuantitativas importantes. Estas mejoras fueron en gran parte debido a la utilización de sistemas de control para controlar los distintos “subsistemas” que se pueden encontrar en un Edificio, por ejemplo: control del sistema de climatización (HVAC), control de Iluminación, control de persianas etc.

La utilización de estos sistemas de control hace que se puedan llegar a ahorros energéticos importantes ya que por ejemplo podemos estar regulando el nivel de iluminación de un edificio dependiendo del aporte de luz natural que tengamos en el mismo, si además lo combinamos con “horarios” pre- establecidos por el usuario y además montamos detectores de presencia, estamos desarrollando el mejor de los escenarios para conseguir un grado de eficiencia energética realmente considerable.

Soluciones equivalentes podemos estar hablando cuando nos enfrentamos a un sistema de control “HVAC”, gracias a las nuevas tecnologías de control podemos realizar sistemas de control de caudal variable, es decir estamos controlando el rendimiento de los climatizadores dependiendo del nivel de ocupación de salas en el edificio. Para hacer este tipo de control se necesita instrumentación específica para tales fines, controladores, sondas, etc., y el resultado es una vez más un gran ahorro energético.

Exactamente igual podríamos estar hablando de cada uno de los subsistemas que componen el edificio y encontraríamos que en todos y cada uno de ellos conseguimos un ahorro energético más o menos considerable.



Figura 1. Sistemas de control BECKHOFF para Iluminación y HVAC.

Lo que queda meridianamente claro es que los días en que los empleados subían y bajaban las persianas, los controles de climatización y/o iluminación manualmente son historias del pasado y nunca más se volverá a ellos. Hoy en día estos sistemas han sido reemplazados por sensores inteligentes y controladores que realizan las labores automáticamente dependiendo de una serie de variables preestablecidas o incluso por edificios que “aprenden”.



Creo por lo tanto que queda constatado que los profesionales del sector son conscientes que si queremos conseguir un grado de eficiencia elevado en los edificios es necesario “invertir” en automatización lo cual tendrá un impacto directo positivo en el llamado “cambio climático”. Para ello, incluso instituciones internacionales realizaron una serie de normativas encaminadas a esta mejora (DIN EN 15232):

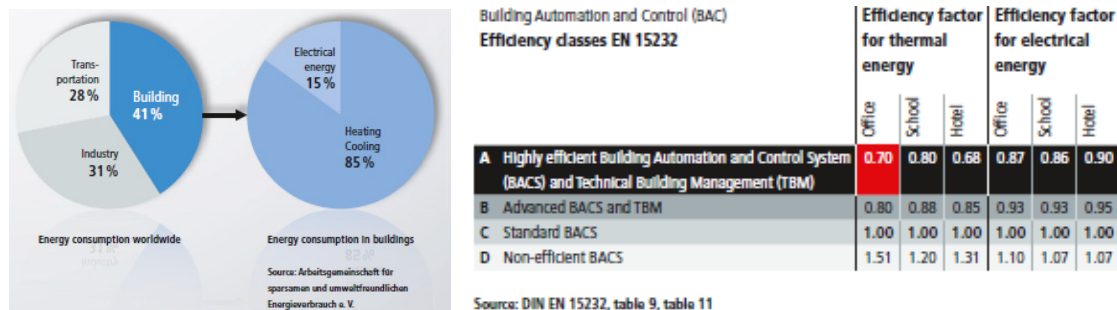


Figura 2. Fuente: Revista internacional PC Control BECKHOFF.

## UN PASO MÁS EN LA TECNOLOGÍA DE SISTEMAS DE CONTROL DE EDIFICIOS

Una vez asumidos, desarrollados y puesto en marcha los distintos subsistemas de control que componen un edificio, nos damos cuenta que a pesar de que funcionen plenamente al final lo que estamos implantando realmente son “ISLAS” de control, el sistema de control de iluminación será una isla, el sistema de control de HVAC será otra isla, el sistema de accesos será otra isla y así sucesivamente con todos los subsistemas. Además, veremos que muchas veces son “difícilmente” comunicables entre sí, ya que cada uno de ellos utiliza sus propias comunicaciones (protocolo / soporte físico), y lo que es peor incluso muchas veces muchos de ellos son “propietarios”.

Todo esto hace que si nos damos una vuelta por muchos de los edificios que actualmente están en explotación nos encontremos salas de control que son más propias de películas de ciencia ficción que de edificios reales, y lo que es más triste nos encontramos con responsables de explotación de edificios relativamente nuevos que no son capaces de explotar en condiciones su edificio por que no disponen del código fuente de sus controladores y además tienen protocolos de comunicación propietarios.

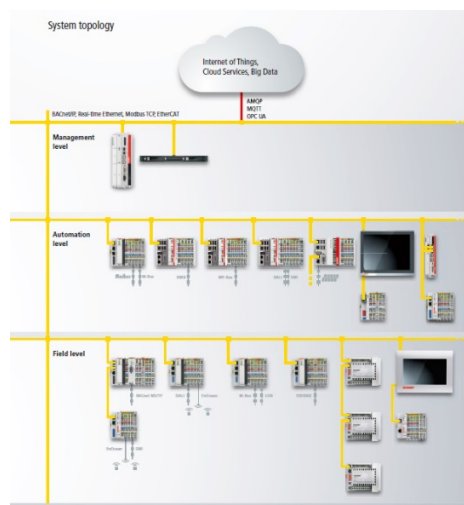


Figura 3. Típica arquitectura de control Beckhoff : “nivel de campo , nivel de automatización , y nivel de BMS/ Management.

Visto el escenario en el que nos estamos moviendo es absolutamente indispensable que empresas del sector como Beckhoff Automation, invirtamos muchos recursos humanos y económicos en desarrollar tecnologías de control “ABIERTAS” y “MULTIPLATAFORMA”, de tal manera que podamos acometer un proyecto de iluminación, HVAC , control de fachada etc., todo en una “misma plataforma de control de hardware” con la utilización de código abierto, standard y utilizando protocolos de comunicaciones también “abiertos y standard”.

Por lo tanto, lo más importante es que veamos nuestro sistema de control del edificio como un “todo” no como una suma de subsistemas independiente. Para ello es importante por lo tanto la utilización de sistemas de control “multiplataforma” de tal manera que no tengamos que utilizar “pasarelas” de control, que siempre son puntos problemáticos desde el punto de vista de integración y de posibles fallos. La utilización de controladores que nos sirvan tanto para realizar un control de HVAC, de iluminación de sistemas de energías alternativas. de control de fachadas etc., se hace cada vez más indispensable.

Además, curiosamente y gracias a la implicación de muchos profesionales del sector, vemos que los subsistemas de control de los edificios (HVAC, Iluminación, accesos, ascensores, contra incendios etc.) van aumentando en pro de hacer los edificios cada vez más eficientes. Por ejemplo, grandes compañías están invirtiendo mucho esfuerzo y dinero en crear “sistemas de cubiertas” en edificios diseñadas para crear un ahorro energético con la utilización de capas vegetales, estas cubiertas disponen de una gran cantidad de sensores (humedad, temperatura, dirección del sol etc.) que será necesario integrarlo con el sistema de control central BMS.

También es cada vez más típico encontrarnos con edificios que disponen de estructuras móviles en fachada con el fin de impedir la incidencia directa de rayos solares que provoquen en determinadas épocas un calentamiento interior del edificio. Todos estos sistemas cuentan con accionamientos y sensores propios que tienen que ser manejados con sus propios controladores que deberán ser integrados en el BMS (Building Management System).

Visto por lo tanto como va evolucionando el sector del control en los edificios nos damos cuenta que no es solo necesario el disponer de una multiplataforma sino que además seguro que tenemos que integrar subsistemas de terceros. Por ello es indispensable disponer de un protocolo de comunicaciones “universal y abierto” que utilicemos todos de manera generalizada. Se lleva muchos años discutiendo qué protocolo sería el más óptimo y el más aceptado por el sector. En cuanto al soporte físico hace ya tiempo que no se tenía duda y la gran parte de la comunidad estaba de acuerdo que Ethernet debería de ser el soporte físico seleccionado, tanto por su velocidad, su fácil instalación y su precio razonable, los tiempos del RS485 ya eran pasado.

Pero ¿qué protocolo utilizar? Tras varios años analizando este tema finalmente podemos asegurar que el protocolo “de facto” para este sector es “BACNET IP”.



Figura 4. Controladores BACnet IP.

Hoy en día cualquier fabricante de sistemas de control para edificios debe de disponer de este protocolo en sus controladores. “Bacnet IP” no es solo un protocolo “abierto” si no que implementa lo que se denominan “objetos” (por ejemplo: el objeto scheduler), que deben de ser igual en todos los fabricantes. Esto da una potencia enorme al protocolo ya que consigue estandarizar la comunicación entre todos los fabricantes de controladores y facilita su interoperabilidad.

Otro aspecto a destacar es la utilidad “Discovery”, esta utilidad permite que desde el controlador central se puedan encontrar “todos los objetos” en la red, de tal manera que si estos están bien definidos no es necesario disponer de más información adicional para poder implementarlos en el BMS. Esto utilizando otros protocolos como Modbus TCP (por ejemplo) sería imposible hacerlo si no se conoce la dirección de la variable a la cual se quiere “atacar”.

En los últimos tiempos se llevan realizando potentes actualizaciones y revisiones destacando la implementación de la utilidad “COV” (Change of value), que está destinada para variables que no son necesarias actualizar el valor de una manera crítica y solo es necesario conocer su estado cuando exista una modificación del mismo. Esto “relaja” en gran manera las comunicaciones y es una manera de optimizar el “tráfico” en la red mejorando el rendimiento de la misma.

## Y AHORA ¿QUÉ?

Hasta ahora hemos hablado de que todos los profesionales del sector tienen claro la utilización de las últimas tecnologías para conseguir la máxima eficiencia energética en los edificios, pero realmente ¿tenemos claro cuantitativamente lo que estamos ahorrando y hasta donde podemos llegar? ¿Tenemos algún “patrón” de consumo con el que comparar mi edificio? ¿Mi edificio evoluciona positivamente desde el punto de vista de eficiencia energética?.

Curiosamente preguntas como estas que debieran ser determinantes para cualquier mantenedor del Edificio pocas veces son utilizadas. La mayoría de los mantenedores de los edificios se quedan en utilizar las herramientas que tienen y van poco más lejos de poner sus horarios, manejar sus alarmas y como mucho enviar sus “historical trends” a una base de datos (o carpeta de informes) que la mayoría de las veces ni se consulta mientras el edificio “no dé problemas”. *Yo me pregunto: ¿Después de hacer una inversión en el sistema de control no parece un poco “pobre” no explotarlo y dejar que el edificio sea un ente muerto en lugar de un ente vivo en constante evolución?*

Pues desgraciadamente esto es lo que ocurre en muchos de los edificios que actualmente existen en nuestro país, es más, aunque parezca mentira, ¡cuántos edificios están en “manual” después de tener implantando un sistema de control automático, aunque parezca mentira es una realidad que creo tenemos la obligación de denunciar.

Dejando aparte esta realidad de edificios sin explotar aún estando dotados de sistemas de control, me gustaría hacer otras preguntas a los mantenedores de edificios en explotación. Preguntas como estas: ¿realmente disponen de datos tanto cualitativamente como cuantitativamente suficientes para analizar su edificio? ¿Disponen de patrones de consumo o paradas de sistemas para poder comparar mi edificio y ver si debo de adaptar acciones correctivas? ¿Realizo análisis periódicos de consumos comparativos y veo las causas en caso de pasar los límites? ¿Podría bajar todavía más los límites de consumos sin impactar en el confort?

Todas estas preguntas toman además más cuerpo cuando hablamos de empresas u organismos que tienen más de un edificio en explotación. Tenemos ejemplos como grandes compañías internacionales u organismos estatales que tienen muchos edificios alrededor del mundo y/o país.

Visto este escenario cabría pensar si la tecnología es capaz de aportarnos herramientas que pueda utilizar para dar respuesta a todas esas preguntas que anteriormente nos hacíamos, puedo asegurar que a día de hoy podemos decir rotundamente que Sí. Hoy en día ya se está hablando de la cuarta revolución industrial que viene de la mano de las tecnologías cibernéticas, todos hemos oído hablar del “Iot” (internet of things) aquí está la respuesta.

Esta tecnología se lleva utilizando con gran éxito en la Industria en los últimos años dando nombre a términos como “Industry 4.0” ¿por qué no extenderla al sector del control de edificios y denominarla “Building 4.0”? Creo que no hay mejor manera de mejorar que replicando tecnologías que ya fueron un éxito en otros sectores.

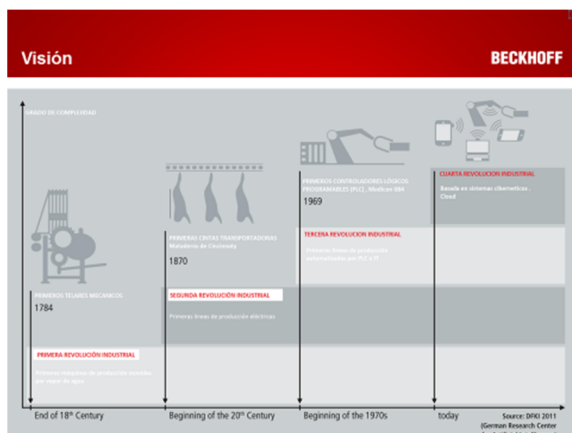


Figura 5. Internet of things.



Figura 6. Controladores con conexión directa a la Nube.

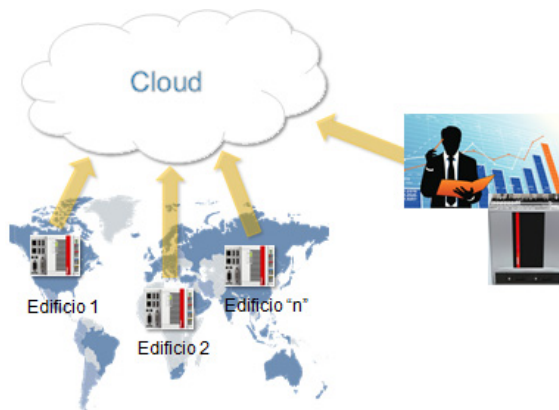


Figura 7. Arquitectura Building 4.0.

Una vez que hemos sido capaces de “subir” todos estos datos a “La Nube” (bien sea pública o privada) ya podremos analizarlos y poder tomar las acciones correctivas que sean necesarias en la explotación de nuestros edificios.

Es importante destacar que la seguridad de estos protocolos y su estabilidad en las diferentes “Nubes” están garantizadas. Compañías como Microsoft (Azure, Amazon, AWS) o Google (Cloud Platform) disponen de esta tecnología estable y segura. Por lo tanto, con estas herramientas ya es más viable crear “patrones” de comportamiento de edificios y poder utilizarlos para la mejora de otros.

Como conclusión podemos decir que las herramientas ya están disponibles. ¿Estamos dispuestos a utilizarlas? La concienciación del sector es importante.

## NO TODO ES AHORRO ENERGÉTICO EN LOS EDIFICIOS INTELIGENTES

Si analizamos el porqué de la implantación de todos estos sistemas de control “Building Automation” vemos que el fin es siempre la búsqueda del máximo ahorro energético y a veces dejamos de lado el lado humano de la implementación de estas tecnologías. “Building 4.0” va orientado, sin duda, también al confort de las personas. Muchas veces se nos olvida este apartado y nos centramos en el puro ahorro energético dejando de lado el impacto en las personas, que por otra parte también tiene una influencia positiva y notable en el rendimiento de las mismas.

Estudios realizados por científicos (**HCL - Human Centric Lighting**) demuestran como el control de la iluminación (nivel, temperatura de color etc.) no solo es un requerimiento visual sino que también tiene efectos biológicos y emocionales en las personas. Según estos conceptos modernos los efectos biológicos de la luz tienen en cuenta no solo los efectos puros de visualización, sino además los efectos “no-visuales” que producen bienestar y motivación en las personas.

Podemos tener ejemplos claros de las consecuencias en distintos sectores:

- **Industria:** Incremento en la concentración del personal y con ello la seguridad del lugar de trabajo
- **Oficinas:** Los empleados se sienten más alerta y por lo tanto son más eficientes en su trabajo
- **Escuelas:** La comprensión de lectura y la velocidad se ven incrementadas hasta en un 30%

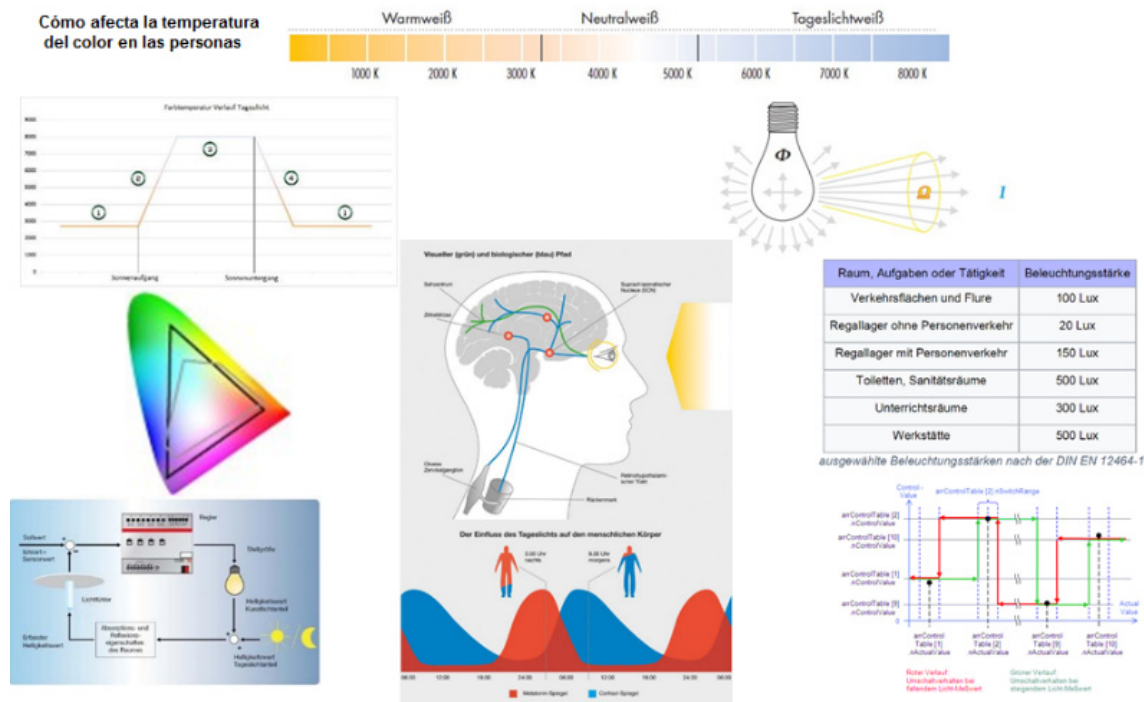


Figura 8. Efectos biológicos de la iluminación en las personas.

## CONTROL INTELIGENTE DE TU ENERGÍA SOLAR: IOT APLICADO A PANELES SOLARES HÍBRIDOS

**Dra. Raquel Simón Allué**, Ingeniera en I+D, EndeF Engineering  
**Óscar Puyal Latorre**, Ingeniero de IoT, Dpto. Monitorización, EndeF Engineering  
**Dra. Isabel Guedea Medrano**, Project Manager, CEO, EndeF Engineering

**Resumen:** Los paneles solares híbridos se caracterizan por generar energía térmica y fotovoltaica en un mismo panel. Esta producción dual optimiza el espacio disponible en cubierta, permitiendo generar hasta un 40% más de energía por metro cuadrado que ambas tecnologías por separado. En este trabajo presentamos el primer sistema de control híbrido, MeshControl, capaz de monitorizar y regular la generación térmica y/o eléctrica de la instalación solar en función de los perfiles de demanda y requerimientos del usuario en cada momento. Dicho sistema se basa en los principios de la tecnología libre y en el concepto de Internet de las Cosas para diseñar un control aplicado al campo de la energía. La integración de los primeros supuestos de este control en una instalación híbrida ha producido un aumento del 11% en la generación de energía de un caso tipo planteado, aumento que asciende al 66% al comparar con los sistemas solares tradicionales.

**Palabras clave:** Energía Solar, Panel Solar Híbrido, Monitorización, Control Inteligente, Internet de las Cosas, Eficiencia Energética

### INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES

La Directiva Europea 2010/31/UE establece que todos los edificios nuevos construidos en la Unión Europea a partir de 2020 deberán ser edificios de consumo energético casi nulo, promoviendo la mejora de la envolvente térmica, la producción in-situ de energía renovable y la instalación de equipos de alta eficiencia energética. El cumplimiento de estos compromisos requiere una mayor generación de energía renovable en el sector de la edificación mediante tecnologías limpias y asequibles económicamente, entre las cuales la energía solar sobresale como una de las alternativas más prometedoras. Desde el comienzo del desarrollo de la tecnología solar, se han diferenciado dos tipologías de paneles: los módulos fotovoltaicos que generan electricidad y los colectores térmicos que calientan agua. De la combinación ambas tecnologías surgen los paneles híbridos, que se distinguen por ser capaces de transformar la irradiación solar en electricidad y calor de forma simultánea, superponiendo ambas tecnologías en un mismo panel.

El panel híbrido es comúnmente conocido como PVT, de sus siglas en inglés (Photovoltaic/Thermal). Aunque su origen se produjese en la década de los 70, no fue hasta años más tarde que el desarrollo de la técnica y el abaratamiento de la energía solar fotovoltaica permitió que el panel solar híbrido alcanzase viabilidad comercial. Su desarrollo está motivado por tres conceptos diferentes que convergen hacia la misma solución tecnológica: un mejor aprovechamiento de la irradiación solar, refrigeración del laminado FV para mejora de su eficiencia y optimización de espacio en cubierta (Michael et al., 2015).

La doble producción energética de los paneles híbridos presenta también una ventaja clave: permite al usuario utilizar mecanismos de control para fomentar la generación de energía térmica o eléctrica dentro de una misma instalación solar. Hasta el momento, los sistemas de control solar disponibles en el mercado estaban destinados a la medición y regulación de las instalaciones térmicas o eléctricas por separado (Resol, SolarLog, etc), no existiendo ningún producto en el mercado aceptable económicamente capaz de monitorizar y controlar ambas contribuciones en un mismo dispositivo. Sin embargo, la irrupción en el mercado de la tecnología solar híbrida abre una nueva ventana en el campo de la regulación solar, ya que permite favorecer la producción de cada tipo de energía mediante la actuación sobre parámetros internos de funcionamiento tales como el caudal, inclinación, temperatura de servicio, etc. A día de hoy, este control se ejecuta de manera pasiva en las instalaciones híbridas, utilizando datos recogidos de la monitorización de las condiciones ambientales y del propio sistema para actuar sobre sus componentes (bomba o aerotermo) con el fin de proteger ante sobrecalentamientos o congelación.

En este proyecto se propone avanzar un paso más en estado de la técnica, aprovechando el enorme potencial de las tecnologías emergentes y el internet de las cosas para ejercer un control inteligente sobre la producción

energética de una instalación solar híbrida. Para ello, se plantea el diseño y fabricación de un nuevo sistema de control y monitorización especialmente adaptado a las necesidades de las plantas de paneles solares híbridos, que se sirva de los perfiles de consumo específicos de cada usuario, así como de las previsiones meteorológicas o del precio del kWh eléctrico y térmico, para gestionar el funcionamiento de la instalación híbrida. Este sistema de control se encuentra todavía en fase de desarrollo y se confía tener un prototipo listo en los próximos meses. Los beneficios de dicho control repercutirán no solo en un mayor aprovechamiento energético de la instalación, sino en una mejor gestión de la producción que conlleve un ahorro económico en la factura final.

## Descripción de la Solución

El equipo que aquí se presenta se recoge bajo el nombre de MeshControl, en el que se engloba tanto un dispositivo físico como un espacio virtual alojado en la nube. MeshControl se plantea como un sistema de gestión inteligente especialmente orientado al tratamiento de instalaciones híbridas.

### Relación con el sistema

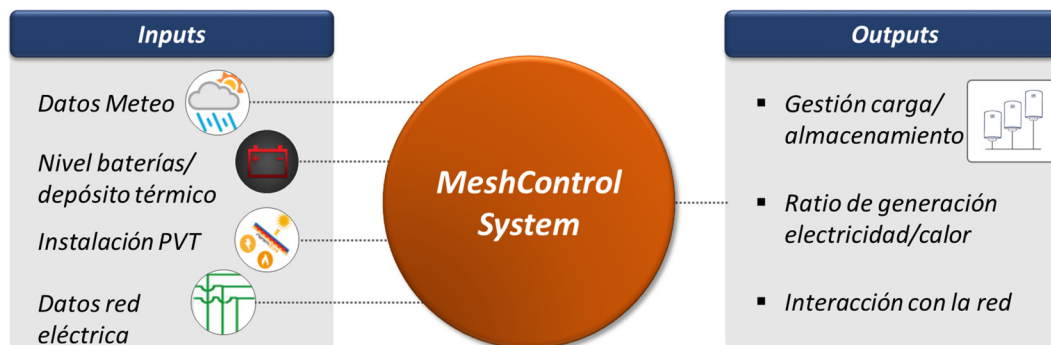


Figura 3. Relación de entradas y salidas del sistema de control.

Para asegurar su correcto funcionamiento, el sistema se nutre de información obtenida de tres fuentes distintas, que constituirían los inputs del sistema:

- La propia instalación híbrida: una serie de sensores colocados estratégicamente en puntos de la instalación suministran datos de funcionamiento de la misma, lo que se conoce como la fase de monitorización. En esta fase se recogen datos de temperaturas y presión del fluido, entrada y salida de paneles, temperatura de almacenamiento o datos ambientales medidos a tiempo real entre otros. Además de aportar información que sirva como punto de partida del software, estos valores medidos a tiempo real en la instalación permiten localizar posibles fallos de funcionamiento, originados por fugas eventuales, sobrecalentamientos o daños físicos.
- Usuario final: los datos referentes al perfil de consumo particular de cada usuario influyen directamente en la eficiencia del sistema, ya que condicionan la descarga energética de los paneles modificando su funcionamiento. Por ello, además del perfil inicialmente impuesto por el usuario, el sistema irá recopilando datos del consumo diario de ambos tipos de energía, localizando las horas de máxima y mínima demanda, con los que se generará un patrón de consumo específico del usuario que se irá realimentando progresivamente.
- Internet: la herramienta se conectará diariamente a internet con el fin de obtener una previsión meteorológica de los días inmediatamente posteriores al estudiado y almacenará los datos correspondientes a la radiación solar y temperaturas proporcionados por una fuente de confianza, por ejemplo AEMET. También se prevé consultar y almacenar el precio por kWh eléctrico y su previsión de cambios.

Por otro lado, el sistema de control tiene también la capacidad de influir y actuar sobre el entorno que le rodea, modificando el modo de funcionamiento de la instalación sin alterarla físicamente. Dentro de estos parámetros modificables por el control, que denominamos outputs del sistema, se encuentran:

- Ratio de generación eléctrica/térmica: aunque ambas contribuciones estén siempre presentes en una instalación híbrida, se puede potenciar la generación de uno u otro tipo mediante la alteración del caudal de fluido que circula por la instalación. El caudal de fluido es por tanto uno de los parámetros clave que controla el MeshControl, ya que no solo condiciona qué tipo de energía se quiere potenciar sino también la temperatura de servicio que pueden ofrecer los paneles. Un aumento de caudal supone retirar más calor de la placa fotovoltaica, lo que maximiza la generación eléctrica aunque penaliza, a su vez, la temperatura máxima de servicio con la que se alimenta el depósito de almacenamiento. El software MeshControl es capaz de determinar el punto óptimo de funcionamiento en función del consumo energético del cliente y la predicción de irradiación de los días posteriores y puede actuar sobre la instalación mediante una señal a la bomba de caudal variable del circuito hidráulico. Gracias a la influencia que el caudal puede ejercer sobre la temperatura de salida del fluido, este control también puede contribuir a la protección de la instalación frente a sobrecalentamientos.
- Sistemas de almacenamiento: el accionamiento del caudal influye en la temperatura de salida de los paneles, que a su vez condiciona la temperatura máxima a la que va a ser capaz de almacenar el tanque. En función de la necesidad de ACS del usuario, se puede establecer el nivel de almacenamiento térmico óptimo para no tener que evacuar calor por la noche. Además, en aquellos casos en los que se incluyan baterías, el software MeshControl puede decidir si la generación eléctrica de los paneles es almacenada en baterías o utilizada directamente para el consumo del usuario. Esta decisión, basada en los datos de consumo, previsión atmosférica y precios de kWh, estaría orientada a un ahorro económico por parte del usuario.
- Conexión a red: en aquellas instalaciones en las que esté permitido o ante futuras modificaciones de la ley actual, el software de control podrá decidir también la posibilidad de verter electricidad a red en aquellos días donde haya excedente de generación.
- Accionamiento de dispositivos: el control inteligente permite también accionar dispositivos a distancia que requieran una señal eléctrica para cambio de estado. Dentro de estos elementos se encuentran disipadores de calor, válvulas de tres vías o seccionadores de corriente, cuyo objeto principal es el de proteger la instalación ante sobrecargas eléctricas o térmicas.

Todas estas medidas estarían orientadas a proporcionar un ahorro económico por parte del usuario de la instalación. Sin embargo, dada la flexibilidad del software situado en la nube se podría modificar en función de las necesidades particulares del cliente.

### Descripción de la arquitectura

El sistema de control inteligente MeshControl está formado por una serie de componentes que abarca desde los sensores y actuadores anteriormente nombrados, al software y hardware de la unidad interior. La tecnología de la que se compone MeshControl es abierta, permitiendo y facilitando su acceso a fabricantes e instaladores que quieran implementarla en sus sistemas. La licencia bajo la que se distribuirá el producto es GPL (General Public License), lo que garantiza la colaboración entre los usuarios y redundará en una mejora continua del sistema.

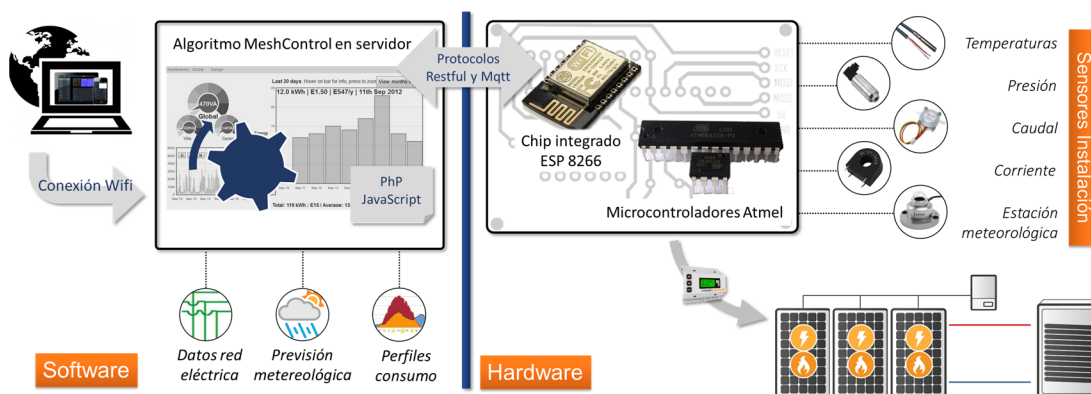


Figura 4. Descripción de la arquitectura que conforma el sistema MeshControl.



### **Hardware**

Siguiendo los principios de la tecnología abierta, el hardware del proyecto se ha desarrollado bajo licencias libres de manera que esta solución se pueda replicar en otras aplicaciones o modificar para adaptarlo a las necesidades específicas de una instalación. Por ello, el hardware específico desarrollado para este proyecto está basado en los microcontroladores de Atmel, que son el corazón de Arduino. Para los módulos que necesiten prestaciones más altas se usa la Raspberry Pi y el hardware Olimex.

El dispositivo físico que se dispondrá en cada instalación solar está basado en una PCB (Printed Circuit Board), a la cual se ha integrado uno de estos microcontroladores que se encarga del control de la información. Junto al microcontrolador se incluye también el integrado ESP 8266, fabricado por Espressif, un módulo WIFI de fácil manejo y muy económico, capaz de conectar cualquier dispositivo a la red y cuyo uso se está extendiendo notablemente en las soluciones de IoT. Este chip es por tanto el encargado de transmitir la información recibida a la nube.

### **Software**

La información obtenida a través de los distintos canales de entrada se almacena en una base de datos localizada en la nube, concretamente en un servidor habilitado para cada instalación. La transmisión de información desde la fuente local al servidor se realiza mediante protocolos Restful y Mqtt, este último muy usado en soluciones IoT debido al poco consumo de recursos que conlleva. A diferencia de otros sistemas de control, diseñados para sistemas solares, el software específico de MeshControl se aloja directamente en el servidor, de manera que la información recibida es procesada directamente ahí. Este hecho constituye una ventaja fundamental, ya que facilita su acceso desde cualquier punto con conexión a internet a la vez que se favorece la integración con otros servicios que alojados en la nube. El servidor desarrollado está basado en PHP y JavaScript que permiten tanto al técnico responsable como al usuario final acceder directamente a sus datos registrados, visualizar estadísticas y consumos o modificar parámetros de funcionamiento del sistema. Para ello, se ha tomado como referencia el software Emoncms, el cual se ha modificado para cubrir las exigencias de los sistemas solares híbridos.

La comunicación entre el servidor y actuadores se ejecuta también mediante protocolos Restful y Mqtt. Se ha hecho especial hincapié en el uso de protocolos web y redes WIFI con el fin de aumentar la flexibilidad del sistema de control, ya que de esta manera se reducen las infraestructuras de cableado y sus problemas típicos asociados. Además, actualmente los dispositivos WIFI son una tecnología robusta, extendida y de precio muy competitivo, que junto con el envío de información mediante protocolo Mqtt redundan en un consumo de energía muy reducido.

La implementación del servidor en la nube respalda directamente la premisa del Internet de las Cosas, ya que la información se recibe, se muestra y se gestiona desde internet. Este tratamiento presenta varias ventajas clave sobre otros sistemas de control efectuados en tecnologías solares.

En primer lugar transporta el sistema de control fuera de la instalación física, lo que evita el traslado del técnico especialista hasta el entorno real cada vez que haya que ejecutar una modificación o reparar una avería. Por contra, ese control se lleva a un entorno en la nube que es fácilmente accesible por todos los agentes (técnico, instalador, usuario final) y al que se puede llegar con una simple conexión a internet. Al crear un servidor para cada instalación se reduce el riesgo de provocar problemas que afecten a un gran número de usuarios, mientras que se favorece por otra parte, la adecuación del software a las necesidades de cada instalación en particular. Por último, generar un entorno en la nube donde el usuario final pueda revisar periódicamente la producción y consumos de su vivienda, ayuda a visualizar y a tomar conciencia de su propia gestión energética y de los beneficios obtenidos mediante el control inteligente de la instalación solar, lo que puede contribuir a aumentar la confianza en dicha tecnología.

### **La robustez del sistema**

Los microcontroladores, que recopilan la información de la red de sensores y ejecutan las acciones, leen del sistema en la nube cual debe ser su comportamiento (actualizan su software) lo que protege a MeshControl contra fallos en las comunicaciones o en el propio servidor. Esta característica proporciona un sistema robusto que funcionará ante cualquier contingencia y que a la vez se beneficia de todas las ventajas de estar en la nube.

### Escenarios - Caso de estudio

Aunque el sistema de control se encuentra todavía en fase de desarrollo (prototipo), sí se ha podido efectuar una aproximación preliminar del efecto que tendría aplicar el control inteligente sobre un caso de estudio tipo con altas demandas térmicas y eléctricas. Para ello, se ha elegido un hotel 4\* situado en Barcelona con capacidad para 150 personas, cuyas demandas térmicas y eléctricas son conocidas. La instalación solar se sitúa en cubierta, con orientación sur y una superficie útil de 163 m<sup>2</sup>. Se plantea la comparativa de producciones cubriendo la superficie útil con:

- Instalación tradicional: 40 colectores térmicos + 50 módulos fotovoltaicos
- Instalación híbrida: 100 paneles solares
- Instalación híbrida + MeshControl

Para todos los casos se ha supuesto la misma superficie de captación útil. En los colectores térmicos y la instalación híbrida sin MeshControl, se considera caudal nominal fijo, mientras que al incluir el sistema MeshControl se permite la regulación inteligente del caudal con el objeto de adecuarse mejor a la demanda final. Para el cálculo de ahorro económico y de emisiones de CO<sub>2</sub> se han tenido en cuenta los datos oficiales publicados para España en 2017, tomando como referencia los precios del gas natural y la electricidad proporcionados por Eurostat (Eurostat – Statistics explained: Electricity price statistics - Datos de 2017 / Eurostat – Statistics explained: Natural gas price statistics - Datos de 2017); en el primer caso y los fijados por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente para el segundo.

### Resultados y datos obtenidos

Para comparar los tres casos de estudio se han utilizados valores de producción energética medidos anualmente, aunque sus beneficios se puedan mostrar también a partir de perfiles diarios. Los perfiles de demanda y producción energética se muestran en la Figura 5 para un periodo anual y los resultados numéricos se recogen en la Tabla I.

	Energía térmica anual			Energía eléctrica anual			TOTAL		
	Ratio	Prod.	Cobertura	Demanda	Prod.	Ratio	kWh/m <sup>2</sup>	Ahorro €	Ahorro kgCO <sub>2</sub>
<b>Term. + FV</b>	164551	61.450	37,3%	267457	16538	6,2%	494	7921	18532
<b>Híbridos</b>	164551	75.046	45,6%	267457	34816	13,0%	704	13036	28041
<b>Híbridos+ MC</b>	164551	85.193	51,8%	267457	36751	13,7%	782	14161	30807

Tabla I. Resumen de resultados generales comparando los tres casos de estudio.

En base a lo expuesto en esta tabla, se observa un notable incremento de la producción térmica y eléctrica al implantar la tecnología híbrida frente a los sistemas solares tradicionales de colectores y laminados fotovoltaicos, incremento que se ve mejorado al implantarse en la instalación híbrida los primeros principios del sistema de control MeshControl.

A partir de una misma superficie de captación, se observa que los paneles híbridos son capaces de producir un 22% más de energía térmica y más del doble de electricidad que ocupando dicha superficie con paneles tradicionales. Como resultado, la energía generada por m<sup>2</sup> asciende en un 42%. Este aumento de producción se ve directamente reflejado en dos factores clave, como son el ahorro económico anual obtenido por el usuario y la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas a la atmósfera en dicho periodo. En ambos se observa un aumento drástico del ahorro al implementar la tecnología híbrida, que se verá reflejado en una disminución del retorno de la instalación a la mitad de tiempo. Al introducir el control inteligente en la instalación de paneles híbridos, se produce también una mejora sobre todo visible en la generación de energía térmica. Al regular el caudal y adaptarlo a la demanda energética del hotel, se consigue generar un 13.5% más de energía útil con la que abastecer al sistema. Gracias a esa regulación del caudal, se produce también un efecto refrigerante en las células FV que mejoran su producción en un 6%. Aunque todavía no se han podido introducir las mejoras provenientes de la previsión meteorológica o la gestión del almacenamiento en batería, se muestra como sólo regulando el caudal

de la instalación híbrida se consigue aumentar su generación de energía en un 11%, porcentaje que se espera aumente hasta un 15-20 % en la fase final del desarrollo.

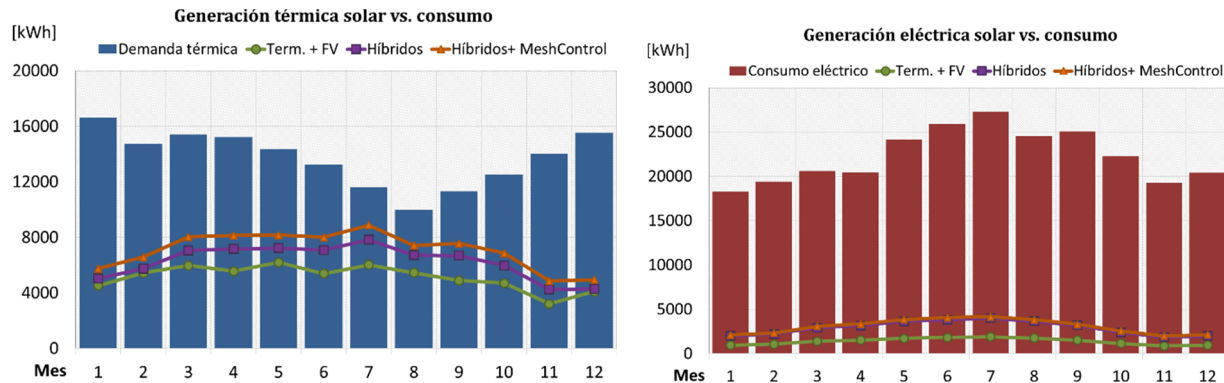


Figura 5. Perfiles de demanda y generación energética anuales.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de control inteligente orientado al tratamiento de instalaciones solares híbridas, capaces de generar energía térmica y fotovoltaica en el mismo panel. Dada la dualidad de esta producción, se pueden alterar parámetros de forma remota de manera que la generación de energía se adapte a perfiles de consumo específicos de cada usuario, optimizando su rendimiento y redundando en un ahorro directo al usuario final.

Para ello, se ha diseñado un sistema de control que abarca desde los sensores físicos a introducir en la instalación, al hardware y software desarrollado específicamente para esta aplicación. El sistema se ha basado en los principios de la tecnología libre y en el concepto de Internet de las Cosas, aplicado en este caso a la generación energética. Si bien el sistema se haya todavía en fase de desarrollo, se ha comprobado que al aplicar los primeros principios de regulación del caudal en un caso tipo de instalación híbrida, se consigue mejorar su producción energética en un 11%. Esta mejora en la producción va asociada a un ahorro económico del 9%, con su consiguiente reducción en el tiempo de retorno de la instalación, y una disminución total de las emisiones de CO<sub>2</sub> del 10% frente a la misma instalación sin sistema de control MeshControl. En la fase final de desarrollo del prototipo se espera introducir datos procedentes de la red, de manera que el sistema de control considere la previsión meteorológica o perfiles medios de consumo del usuario para mejorar su regulación. También se plantea actuar sobre almacenamientos de energía externos (térmicos o eléctricos) para fomentar el ahorro económico.

## REFERENCIAS

- Michael, J. J., Iniyar, S., & Goic, R. (2015). Flat plate solar photovoltaic-thermal (PV/T) systems: A reference guide. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51.

## PRESENTE Y FUTURO EN LA TECNOLOGÍA DE ENFRIADORAS, LA IMPORTANCIA DEL CONTROL

Álvaro Fernández Sagaseta, Técnico-Comercial Delegación Centro, Daikin AC Spain

**Resumen:** Entre las tecnologías más avanzadas que hay en el mercado incidir en aquellas que afectan directamente sobre la eficiencia: Inverter en todos sus componentes motrices que permite ajustar la potencia térmica entregada a la demandada por la instalación - VVR. Capacidad de los compresores Monotornillo Inverter de adaptar la presión de descarga del compresor a la de condensación gracias a un avanzado control. Estas tecnológicas precisan incorporar de un control que se encargue de buscar en cada punto de trabajo la mejor combinación entre ellas. En enfriadoras con compresores y ventiladores inverter, el control permite integrar las curvas de funcionamiento y regular su velocidad para situarlos en el punto óptimo de trabajo.

**Palabras clave:** Inverter, Relación, Volumen, Variable, Control, Telegestión

### ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE LAS ENFRIADORAS DE AGUA

#### Normativa

Las cada vez más restrictivas y exigentes normativas europeas en materia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (normativa F-Gas), así como la exigencia de la fabricación y comercialización de equipos con mayor eficiencia energética y diseño ecológico (normativa EcoDesign y sus LOT correspondientes), obligan a los fabricantes a mejorar las prestaciones de sus productos e innovar en nuevas tecnologías para aumentar los valores mínimos de rendimientos (SCOP y SEER).

Todo aquel producto que no cumpla con ciertos requisitos mínimos actualizados no podrá ser comercializado en el mercado europeo.

#### Tecnologías aplicadas

Entre las tecnologías más avanzadas que hay en el mercado incidir en aquellas que afectan directamente sobre la eficiencia.

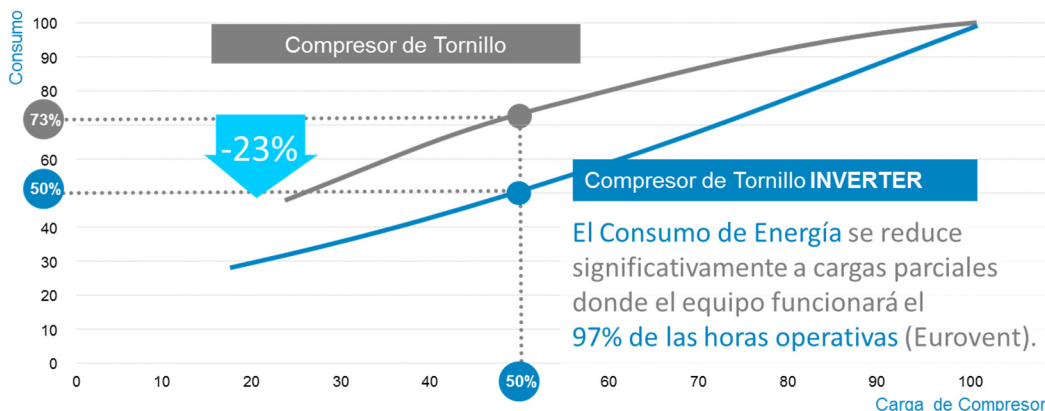


Figura 1. Curvas de eficiencia de compresor Inverter vs. No Inverter.

- **Introducción de la tecnología inverter en todos sus componentes motrices** (motores que accionan el movimiento del compresor, motores que accionan el movimiento de los ventiladores), que permite reducir los picos de arranque, aumentar el factor de potencia y aproximarlos a la unidad, así como ajustar la potencia térmica entregada a la demandada por la instalación y realizar una gestión dinámica de la presión de condensación. Es importante destacar que ya hay fabricantes que refrigeran sus tarjetas de control inverter

mediante el propio gas refrigerante asegurando la completa fiabilidad en cualquier condición de temperatura exterior.

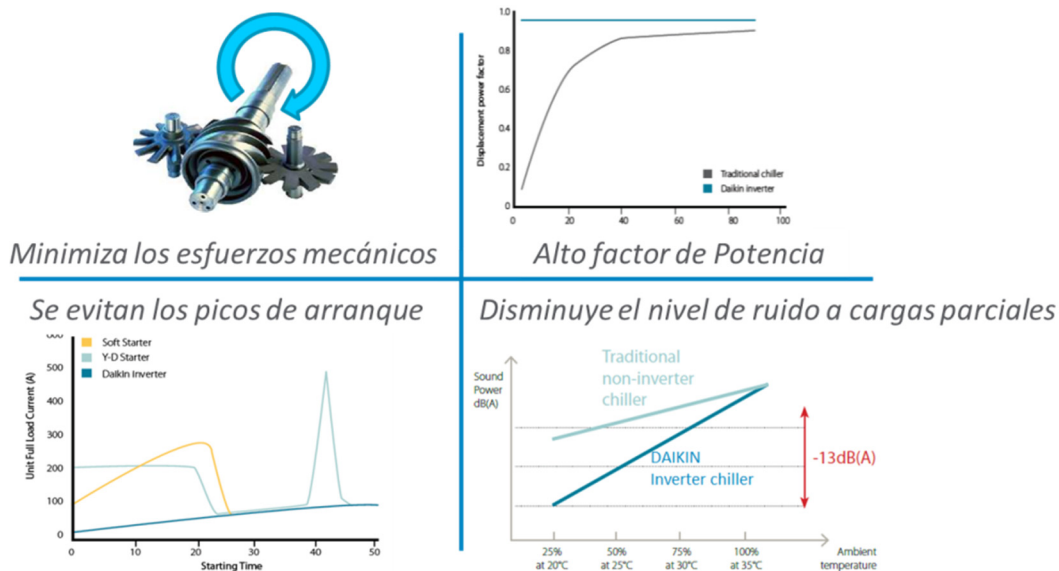


Figura 2. Características fundamentales de la Tecnología Inverter.

- **Tecnología VVR.** Capacidad de los nuevos compresores Monotornillo Inverter de adaptar la presión de descarga del compresor a la de condensación gracias a un avanzado control (Relación De Volumen Variable).

$$\text{Relación de Volumen } k = \frac{P_{\text{Descarga}} \cong P_{\text{Condensacion}}}{P_{\text{Aspiracion}}}$$

Figura 3. Expresión que relaciona las Presiones del compresor con la Relación del Volumen.

Cuando se diseña un compresor, la relación de volúmenes y presiones queda fijada por la geometría del compresor, la cual se mantiene así para cualesquiera que sean las condiciones de trabajo. Esto implica que la mayor parte del tiempo los compresores están trabajando fuera de las condiciones ideales de diseño, consumiendo más energía de la necesaria.

$$\text{Relación de Volumen} = \frac{V_{\text{Aspiracion}}}{V_{\text{Descarga}}}$$

Figura 4. Expresión que relaciona los Volúmenes del compresor con la Relación del Volumen.

Gracias a este último desarrollo, conocido como “Relación de Volumen Variable”, se realiza un control combinado: la regulación en la velocidad de giro del compresor se adapta a la demanda y la gestión de la válvula corredera ajusta la presión de salida del refrigerante y la iguala a la presión de condensación en todo momento, logrando así unas condiciones ideales de funcionamiento y reduciendo el consumo del compresor significativamente.

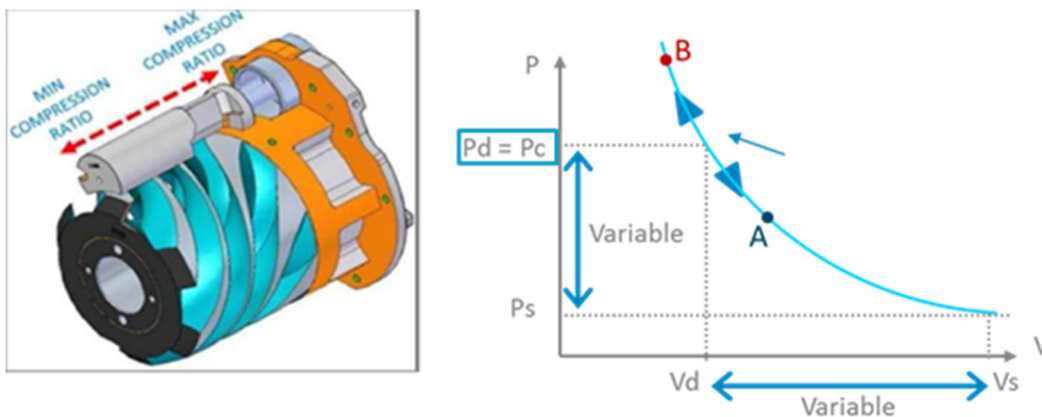


Figura 5. Regulación válvula corredera que ajusta la Presión de descarga a la de condensación.

## La importancia del Control

Estas novedades tecnológicas que se introducen en los equipos precisan incorporar de un control que se encargue de buscar en cada punto de trabajo la mejor combinación entre ellas con la finalidad de lograr una mayor eficiencia.

La regulación continua del inverter y el control de la relación de volumen variable proporcionan la capacidad necesaria para satisfacer la demanda, garantizando un control de temperatura de salida de agua muy precisa, lo que proporciona un confort óptimo con los mejores rendimientos posibles en cualquier condición.

En enfriadoras que instalen compresores y ventiladores inverter, este control permite integrar las curvas de funcionamiento y regular su velocidad para situarlos en el punto óptimo de trabajo. Esta mejora en el control supone otro salto en eficiencia energética de la unidad, consiguiendo aumentar notablemente el valor final de esta en los equipos. Se ha de tener en cuenta a la vista de estos nuevos desarrollos, que la solución de la tecnología Inverter no es tan solo colocar un variador de frecuencia en un componente mecánico o introducir motores EC, si no ser capaz además de gestionar esta tecnología para obtener la mayor eficiencia. Lo realmente importante aquí es el control y gestión de la unidad.

## Eficiencia y Telegestión

Gracias a todos estos desarrollos en componentes y a su gestión y control, se logran rendimientos únicos en las enfriadoras con compresores monotornillo, igualando o superando a otras tecnologías como la levitación magnética, sin perder fiabilidad y aumentando los rangos de funcionamiento tanto a plena carga como cargas parciales, principales inconvenientes de los compresores de levitación magnética.

Una de las herramientas que los fabricantes ofrecen para garantizar la eficiencia y fiabilidad de estos equipos, es la posibilidad de realizar una Supervisión y Monitorización remota. Esta herramienta permite recopilar datos operativos desde el sistema de control propio de cada enfriadora de agua (temperaturas, presiones de agua, refrigerante, aire, etc.) y que el Centro de Control propio de cada fabricante convierta estos datos en información útil para el usuario.

El sistema de supervisión remota cuenta con diversas funciones:

- Resumen de operaciones/telegestión.
- Función maestro/esclavo.

- Informes web.
- Diagn3s de avera.
- Actualizaciones remotas.

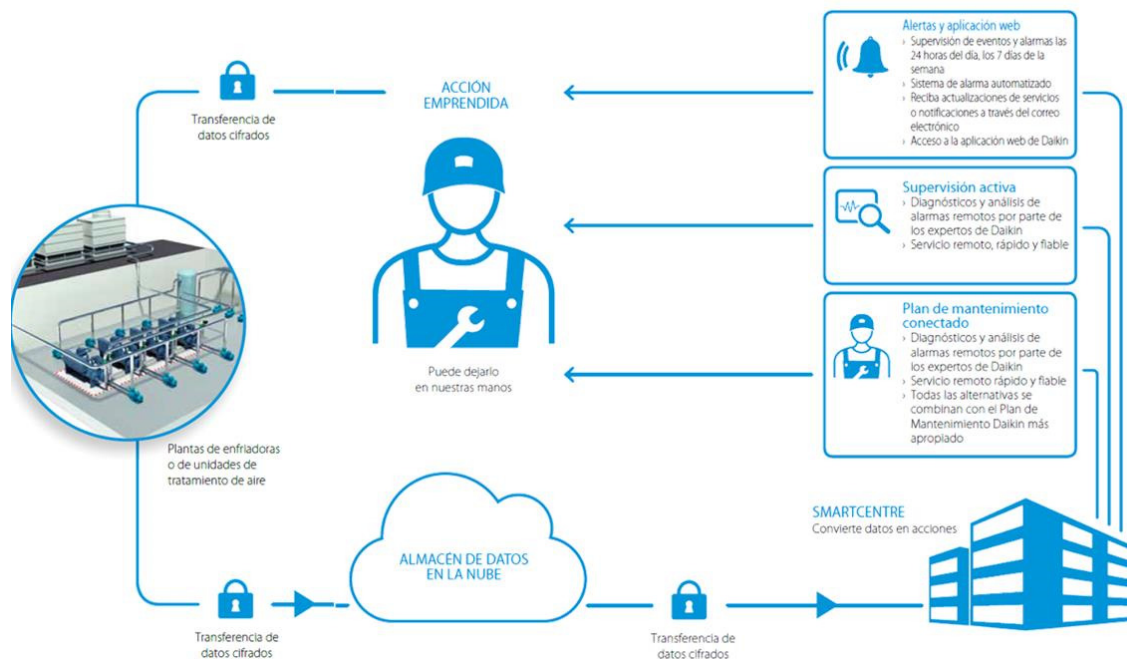


Figura 6. Diagrama de flujo de la Telegesti3n.

## Futuro inmediato

La disminuci3n gradual en las cantidades de gases fluorados que se podr3n comercializar en la Uni3n Europea y que supondr3 una reducci3n de un 79% en el a3o 2030 respecto a las de 2015, obliga a los fabricantes a elegir para el funcionamiento de sus equipos entre los nuevos gases refrigerantes aquellos con comportamientos y capacidades termodin3micas similares a los actuales. Todo parece indicar que el refrigerante ecol3gico escogido como sustituto al R134a con el que funcionan los compresores de tornillo es el HFO R1234ze con un Potencial de Calentamiento Atmosf3rico de 6.

## CONCLUSIONES

Son diferentes los factores que est3n forzando la evoluci3n e investigaci3n en el mundo de las enfriadoras, pero todos ellos comparten un objetivo com3n, la b3squeda de la eficiencia energ3tica y el respeto por el medio ambiente. Para lograr este prop3sito, no es suficiente con introducir componentes como un variador de frecuencia o motores EC, sino que la regulaci3n y el control de estos es lo realmente importante si queremos alcanzar valores cada vez m3s altos en eficiencia y adem3s de cumplir con la normativa vigente poder ofrecer al mercado opciones que hagan de las instalaciones sistemas cada vez m3s sofisticados y capaces de influir con mayor peso en los ahorros energ3ticos de los edificios.

## NUEVOS REFRIGERANTES APLICADOS A LA BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA

Álvaro Fernández Sagaseta, Técnico- Comercial Delegación Centro, Daikin AC Spain

**Resumen:** Los últimos estudios apuntan a que se está produciendo una revolución en el modelo de consumo energético dentro del sector residencial. El concepto de eficiencia empieza a estar presente. En este campo tienen un amplio recorrido las bombas de calor aerotérmicas. Las nuevas normativas europeas, (F-Gas, EcoDesign) obligan a la comercialización de equipos cada vez más eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Esto encamina al uso de refrigerantes con bajo PCA (Potencial Calentamiento Atmosférico). El elegido para equipos de baja y media potencia es el R32, un gas con mejores prestaciones termodinámicas que el R410a y con el que se pueden alcanzar temperaturas de hasta 65°C sin el apoyo de resistencias eléctrica y alcanzar SCOP de 5,5.

**Palabras clave:** F-gas, R32, Aerotermia, SCOP

### BOMBAS AEROTÉRMICAS SECTOR RESIDENCIAL

#### Presente

Según los últimos estudios realizados, todo apunta a que se está produciendo una revolución en el modelo de consumo energético dentro del sector residencial. Cada vez son más los usuarios que ya no sólo demandan confort en sus viviendas, sino que éste vaya acompañado de bajo consumo. El concepto de eficiencia empieza a estar presente.

En este campo tienen un amplio recorrido las bombas de calor aerotérmicas capaces de calentar el agua para calefacción, producir agua caliente para consumo y enfriar el agua para refrigeración

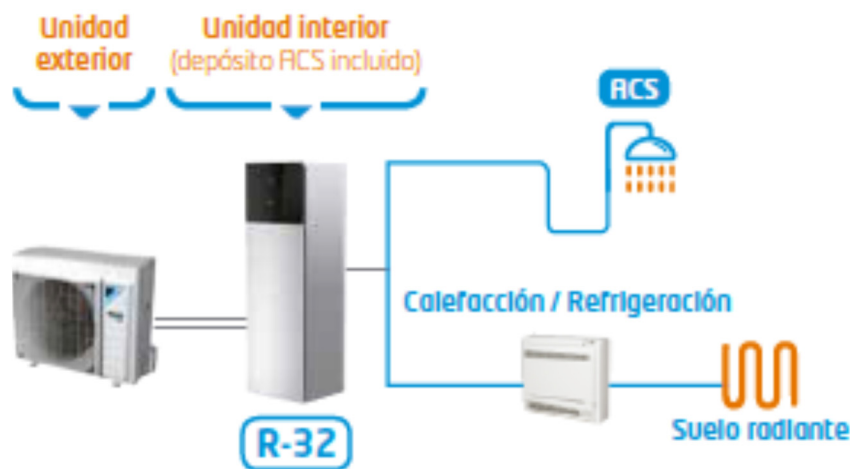


Figura 1. Esquema Bomba aerotérmica con suelo radiante.

Este tipo de equipos ya llevan en el mercado más de 10 años, pero es ahora cuando parece que han encontrado su sitio, apoyados en parte por el crecimiento progresivo de la construcción de viviendas en España. Se presentan como alternativa a la opción de caldera de gas de condensación para la producción de agua caliente para calefacción y ACS, y el equipo o conjunto de expansión directa aire-aire para refrigeración.



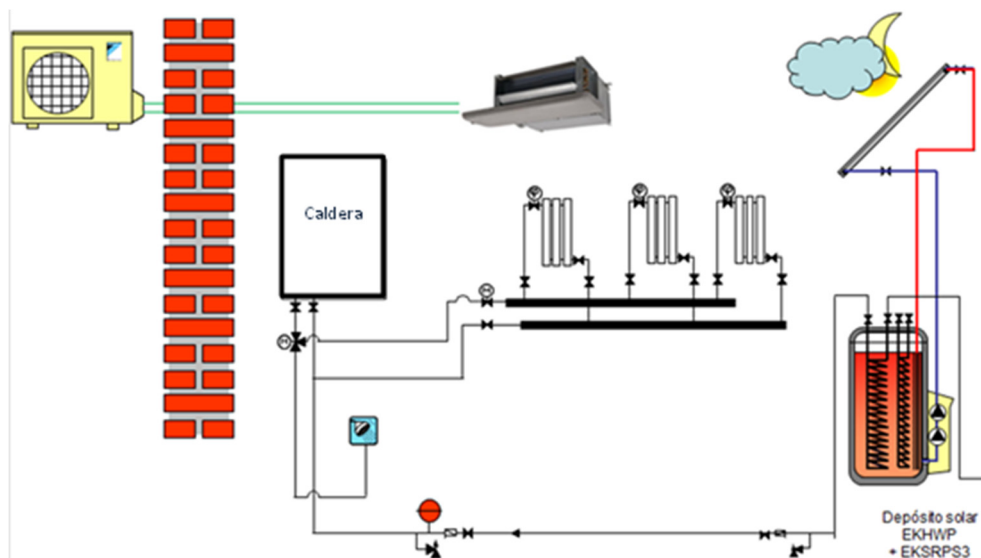


Figura 2. Esquema Caldera gas con bomba de calor aire-aire.

Trabajar con temperaturas en impulsión de agua por debajo de 40°C en climas donde el número de horas de funcionamiento por debajo de 3°C exteriores es reducido, les hace ideales para viviendas, donde la instalación de tuberías embutidas en suelo es el sistema elegido en las nuevas edificaciones.

### Normativa europea

Las nuevas normativas europeas, muy exigentes con el cumplimiento de los acuerdos alcanzados a nivel mundial, en cuestión de uso de energías renovables, en la disminución de las emisiones de CO2 y en definitiva en conseguir ahorro energético traducido en una mayor eficiencia, obligan a los fabricantes de equipos de climatización a lanzamiento y comercialización de equipos cada vez más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Tras la publicación del nuevo Reglamento de gases fluorados (F-gas), en la que el sector debe reducir hasta en un 79% las emisiones de CO2 hasta el año 2030, que se traduce en una disminución directa en los kg de gas refrigerante en el mercado, los fabricantes se han lanzado a un cambio e investigación de nuevas fórmulas de refrigerantes de bajo PCA (Potencia de Calentamiento Atmosférico).

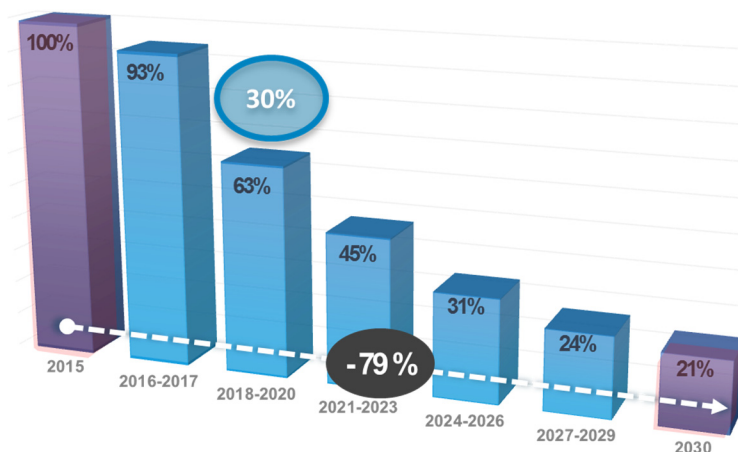


Figura 3. Gráfico objetivo de reducción emisiones CO2.

Todo apunta a que el refrigerante elegido para equipos de baja y media potencia es el R32, un gas con mejores prestaciones termodinámicas que el R410A que precisa de menor número de kg de refrigerante para proporcionar la misma potencia térmica que el R410A y con el que se pueden alcanzar temperaturas de hasta 65°C sin el apoyo de resistencias eléctricas.

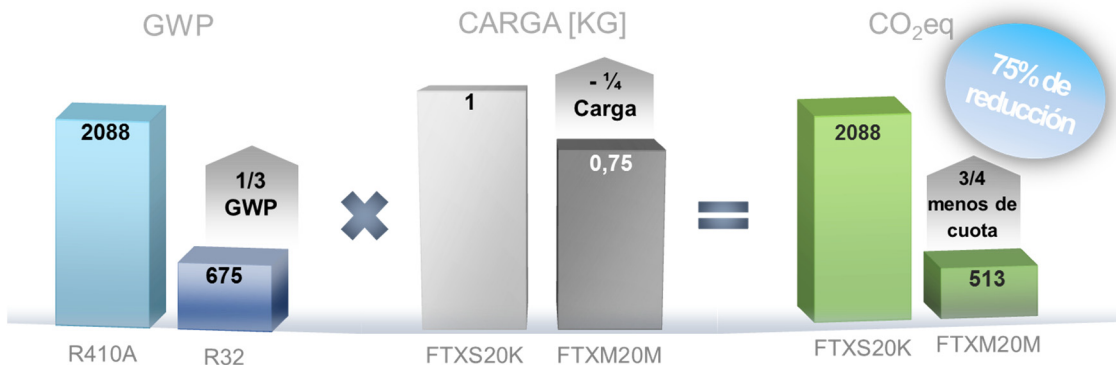


Figura 4. Comparativo emisiones CO<sub>2</sub> R410A vs. R32.

### Equipos más eficientes

Los fabricantes, han detectado estos requerimientos del sector y se han lanzado en el desarrollo del mejor equipo y más eficiente, por lo que están rediseñando sus equipos, introduciendo mejoras en los compresores, en las baterías de intercambio, lo que sumado a las prestaciones del nuevo gas refrigerante, permite obtener eficiencias estacionales (SCOP) de hasta 5,5.

En la era de la conectividad, la posibilidad de acceder remotamente a los equipos, de gestionar el funcionamiento de una manera ágil y eficiente por parte del usuario, conocer el consumo energético y poder comparar y detectar si se está realizando un mal uso, es algo que ya está al alcance de la mano.



Figura 5. Acceso remoto via Smartphone y control de consumos energéticos.

La compatibilidad con la tecnología fotovoltaica permite que cuando se detecte la producción de energía por parte de paneles, estos equipos recojan una señal para que modifiquen sus condiciones de trabajo y puedan sacar el máximo rendimiento, minimizando la energía eléctrica de origen renovable que se inyecte a la red.

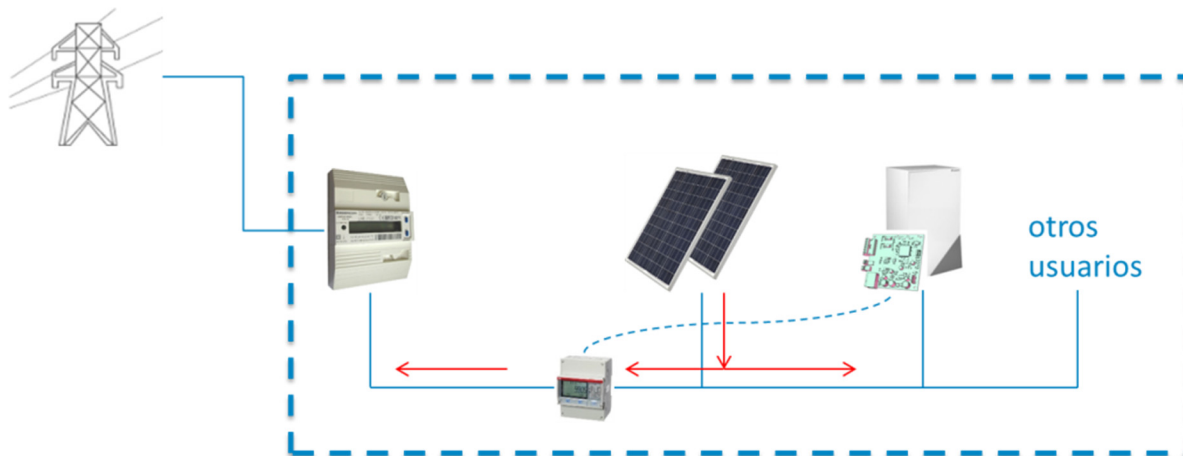


Figura 6. Sistema conexión Red Fotovoltaica.

## CONCLUSIONES

La conclusión que podemos sacar es que el confort ya no está reñido con la eficiencia.

Para conseguir los propósitos de edificios con un consumo de energía casi nula, debemos potenciar el uso fuentes de energía renovable, debemos educar al usuario en el uso eficiente de la energía, pero sobretodo obligar a los fabricantes a poner en el mercado los equipos más eficientes y a la hora de su selección ajustar la potencia de los equipos (bomba de calor) a la demanda real prevista.

## TERMOSTATO INTELIGENTE PARA EL CONTROL DE LA CLIMATIZACIÓN EN SMART HOMES

**José L. Hernández**, Ingeniero-Investigador, Fundación CARTIF  
**Susana Gutiérrez**, Ingeniero-Investigador, Fundación CARTIF  
**Álvaro Corredera**, Ingeniero-Investigador, Fundación CARTIF  
**Ruşen Can Acet**, Ingeniero I+D, MIR ARASTIRMA ve GELISTIRME A.S.  
**Emre Uncuoğlu**, Director Departamento, MIR ARASTIRMA ve GELISTIRME A.S.

**Resumen:** Hoy en día, la gestión de los sistemas de climatización tiende a la automatización para aumentar la eficiencia energética, así como el confort de los usuarios. Es por ello que varios fabricantes han desarrollado termostatos inteligentes con la capacidad de aprender y mejorar la gestión de los sistemas de climatización, por ejemplo, Nest. Bajo esta tendencia, el proyecto COMFOStat (financiado en el esquema EUREKA) tiene como principal objetivo el desarrollo de un termostato inteligente cuya gestión se basa en temperatura operativa, en vez de ambiente, incrementando el confort de los usuarios. Por otra parte, la utilización de algoritmos de aprendizaje automático contribuye a incrementar la eficiencia del sistema final.

**Palabras clave:** Smart Homes, Termostato Inteligente, Aprendizaje Automático, Climatización, COMFOStat

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el 40% de la energía consumida en Europa se debe a los edificios, por lo tanto, se hace necesaria la mejora del rendimiento de los mismos. De hecho, bajo las directivas Europeas actuales (EC, 2002), se trata de lograr una masa crítica de edificios energéticamente eficientes. La estrategia Europea 2020 (Europa, 2020) tiene como objetivo de 20% de ahorro energético, 20% de reducción de emisión de gases de efecto invernadero y 20% de aumento del uso de fuentes de energía renovable para el año 2020.

Bajo este contexto, los edificios inteligentes suponen una contribución a la eficiencia energética de modo que, a través de las nuevas tecnologías, sistemas domóticos y de automatización optimizan los recursos energéticos del edificio (ESDIMA, 2018). Dos de los conceptos clave son la monitorización y automatización. En primer lugar, disponer de datos para facilitar la toma de decisiones, por ello, monitorizar el comportamiento de la vivienda. En segundo lugar, automatizar los procesos a través de algoritmos inteligentes capaces de tomar decisiones más óptimas, acorde a los datos medidos y con cantidades de información más grandes que las que los humanos son capaces de analizar.

De esta manera, una de las mayores tendencias tecnológicas es la implementación de termostatos inteligentes capaces de obtener información del edificio y aplicar algoritmos inteligentes para la toma de decisiones para optimizar el rendimiento de los sistemas de climatización. El objetivo de este artículo es presentar un termostato inteligente en desarrollo dentro del proyecto COMFOStat (financiado bajo el esquema Eureka) cuya finalidad es aprender los patrones de comportamiento y tomar decisiones en base a la temperatura operativa.

### PRODUCTOS COMERCIALES EXISTENTES

Hoy en día existen múltiples productos comerciales que tratan de dar solución a la gestión inteligente de los sistemas de calefacción y refrigeración en viviendas. Entre los más comúnmente utilizados, la Tabla 1 incluye Nest de Google, Ecobee, Honeywell Lyric T6, Tado y la comparativa con COMFOStat.

Característica	Nest	Ecobee	Tado	Lyric T6	COMFOStat
Aprendizaje inercia	✓	✓	✓	✓	✓
Hábitos usuario	✓	✓	✓	✓	✓
Aprendizaje calidad	X	X	X	X	✓
Temperatura operativa	X	X	X	X	✓
Predicción clima	~	X	~	~	✓
Geofencing	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla I. Comparativa entre termostatos inteligentes.

Tal y como se observa, las 2 grandes diferencias se encuentran en el aprendizaje de la calidad de la vivienda, es decir, cómo se comporta la propia vivienda antes los cambios climáticos cuando no existe sistema de calefacción. Por otro lado, control basado en temperatura operativa que representa de manera más fiel el confort del usuario. Además, el termostato de COMFOStat es capaz de determinar la predicción de radiación solar, conjunto los datos comunes de predicción meteorológica, de manera que permite estimar la ganancia solar.

## CONCEPTO DEL TERMOSTATO

El concepto del termostato inteligente se muestra en la *Figura 6*, teniendo tres módulos principales, dos para aprendizaje automático y otro para la toma de decisiones. Con respecto al aprendizaje, por un lado, se pretende aprender sobre la inercia térmica de los sistemas de climatización para determinar el patrón y capacidad de calentamiento/enfriamiento de los sistemas existentes. Por otro lado, adaptar los horarios del usuario desde la configuración inicial hasta el aprendizaje del comportamiento real de los habitantes.

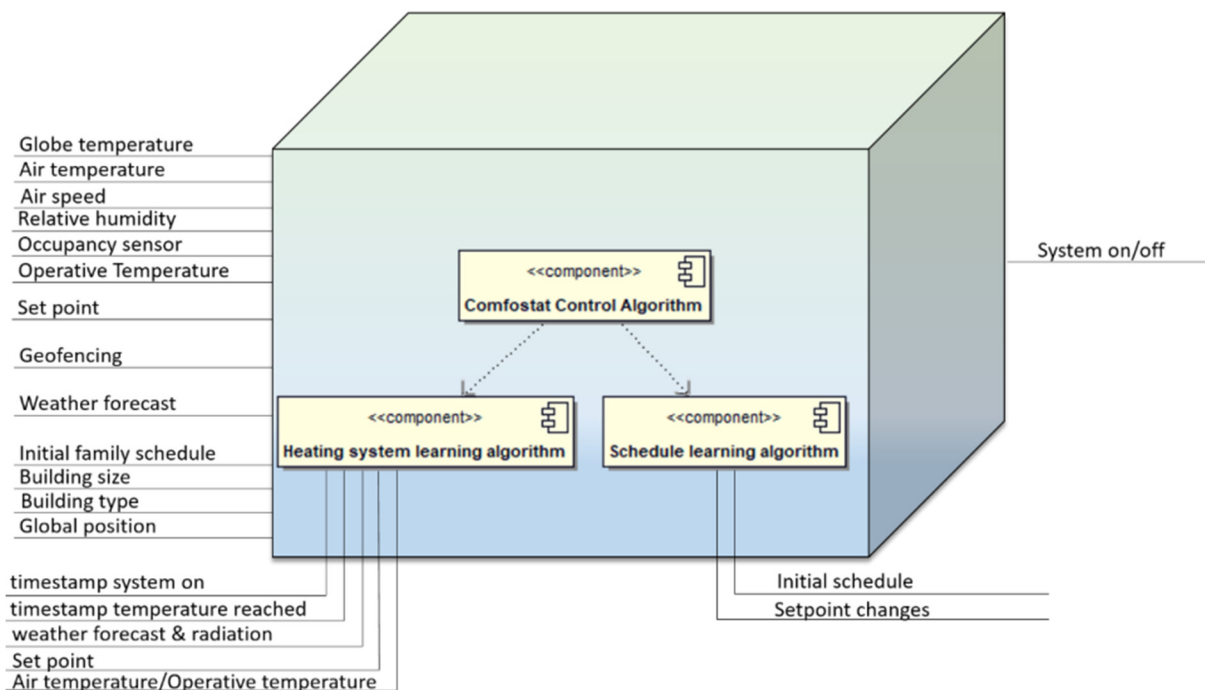


Figura 6. Concepto del termostato inteligente.

## Algoritmo de aprendizaje de inercia

Como se ha mencionado anteriormente, el aprendizaje del termostato se centra en dos conceptos: aprendizaje del horario y aprendizaje de inercia, en el cual se centra esta sección. Una vez que el termostato ha sido instalado, éste comienza a aprender y va “perfeccionando” su conocimiento sobre el lugar en el que está instalado utilizando para ello la información obtenida por los algoritmos de aprendizaje. Para ser capaz de aprender la inercia del sistema en cada vivienda o edificio particular, el algoritmo de aprendizaje de inercia (en adelante, HeSLA – Heating System Learning Algorithm) se ejecuta cada cierto tiempo (en principio, una vez al día) y, utilizando los datos históricos almacenados desde la última vez que se llevaron a cabo tareas de aprendizaje, actualizará el conocimiento extraído hasta el momento. De entre todos los datos históricos almacenados por el termostato, HeSLA necesita los siguientes:

- Timestamp en que el sistema se pone en marcha

- Timestamp en que se alcanza la temperatura objetivo
- Predicción meteorológica y de radiación
- Temperatura operativa
- Con estos datos, HeSLA es capaz de aprender la inercia del sistema de calefacción en función de las condiciones externas.

Durante la fase de diseño del algoritmo, varias fueron las alternativas planteadas para llevar a cabo el aprendizaje automático, de entre las cuales cabe destacar:

- Redes Neuronales Artificiales
  - o Redes Neuronales convencionales
- Redes Neuronales convolucionales
  - o Modelos estadísticos
- Aproximación por funciones. Rectas de regresión.

Finalmente, y tras evaluar las posibilidades de aplicación de las diversas técnicas de aprendizaje automático mencionadas (Kdnuggets, 2017)(Stanford, 2017), se decidió apostar por los modelos estadísticos, ya que la escasa cantidad de datos de que se va disponiendo una vez instalado el termostato hace inviable la aplicación de cualquier tipo de red neuronal (en una vivienda o edificio, el número de ciclos de encendido-apagado al día del sistema de calefacción es realmente bajo, por lo que para poder aplicar redes neuronales sería necesario tener el termostato funcionando meses y meses). La Tabla II muestra una comparativa de las diversas técnicas de aprendizaje automático evaluadas.

	Redes Neuronales convencionales	Redes Neuronales convolucionales	Métodos estadísticos
Necesidad de entrenamiento	✓		
Necesaria gran cantidad de datos	✓	✓	
Bien conocidos	✓	✓	
Adecuado para este problema	✓		✓

Tabla II. Comparativa métodos de aprendizaje automático aplicables en Comfostat.

Utilizando métodos estadísticos, los datos recogidos hasta el momento (como se ha comentado, el algoritmo se ejecuta periódicamente para ir actualizando la información aprendida en base a los datos que se hayan recogido hasta el momento) son aproximados utilizando una función conocida, que irá ajustándose cada vez mejor a medida que se va disponiendo de más y más datos.

El análisis de regresión (Minitab, 2017) es una técnica de modelado predictivo que evalúa la relación entre ciertas variables independientes (predictores) y una variable dependiente (variable de salida). En este caso, el objetivo es encontrar una función que aproxime los datos recogidos y que sea capaz de predecir la inercia. De esta forma, las relaciones entre la variable dependiente y las independientes quedan patentes, así como el grado de influencia de cada una de las variables independientes sobre la variable de salida.

Una vez seleccionado el método de aprendizaje automático a utilizar, cabe destacar que en el caso de HeSLA es necesario realizar dos análisis de regresión: uno para estimar la “bondad” del aislamiento de la vivienda/el edificio en el que está instalado el termostato (y predecir el valor de la temperatura interior en base a la temperatura exterior y la radiación solar), y otro para predecir la inercia en función de las condiciones externas.

## Algoritmo de aprendizaje de los hábitos usuario

El programador horario del termostato tiene dos modos de funcionamiento:

1. Programador básico: en este caso, el termostato no realiza ningún tipo de aprendizaje. El usuario programa el termostato manualmente, y opera en base a dichas consignas de funcionamiento.

2. “Auto programador”: el termostato aprende de los hábitos del usuario, creando así un horario personalizado centrado en los hábitos de los usuarios que ocupan el lugar donde está instalado.

El algoritmo de aprendizaje de los hábitos del usuario utiliza la información relativa a los cambios de consigna o de modo de operación que el usuario realiza sobre el termostato para ir ajustando el horario inicial especificado por el usuario durante la instalación de COMFOStat, de forma que el termostato va aprendiendo cuáles son los hábitos del usuario y se anticipa a las acciones del mismo, permitiéndole desentenderse completamente del control de los sistemas de climatización. Este algoritmo de aprendizaje utiliza también la información de geofencing.

Una vez instalado el termostato, se toma como base el horario introducido por el usuario durante la instalación, y a partir de dicho horario, va utilizando la información anteriormente mencionada para ir ajustándolo y adaptándolo a lo que el usuario vaya haciendo en el día a día. Para cada día de la semana, y en tramos de media hora, el termostato va calculando probabilidades para cada uno de los tres modos de operación definidos (off, stand by, confort), los cuales tienen asociada una temperatura “de base”. Dichas probabilidades, junto a los datos relativos a las condiciones internas y externas y al resto de información disponible procedente del resto de algoritmos de aprendizaje, son utilizadas por el controlador basado en temperatura operativa para realizar sus funciones.

## Controlador basado en temperatura operativa

Respecto al controlador, este algoritmo trata la toma de decisiones sobre las variables de actuación de los sistemas de climatización. La gran ventaja que presenta este algoritmo es la toma de decisiones basándose en la temperatura operativa, que se encuentra relacionada con la exergía. La exergía se puede definir como el máximo trabajo útil durante un proceso y, en relación con confort térmico, su valor se encuentra entre 20 y 40 W/m<sup>2</sup> (Juusela & Shukuya, 2014). Para llevar a cabo este concepto, se considera que el cuerpo humano trabaja como un motor de calor, siendo el metabolismo otra expresión del proceso de la exergía. Por lo tanto, se puede afirmar que el cuerpo humano consume exergía y depende de la temperatura media radiante.

Teniendo en cuenta este concepto, es indudable que controlar en base a la exergía, en lugar de la temperatura del aire, incrementaría el confort térmico. Tal y como se expone en (Juusela & Shukuya, 2014), la sostenibilidad se mejoraría puesto que la demanda se reduce puesto que la exergía proporciona predicción más exacta con respecto a las necesidades de calefacción. La exergía relaciona directamente las temperaturas del ambiente y la temperatura radiante media, tal y como se muestra en la *Figura 7*. De esta manera, la recta en negro proporciona el valor donde el confort térmico se maximiza, incrementando el bienestar del usuario.

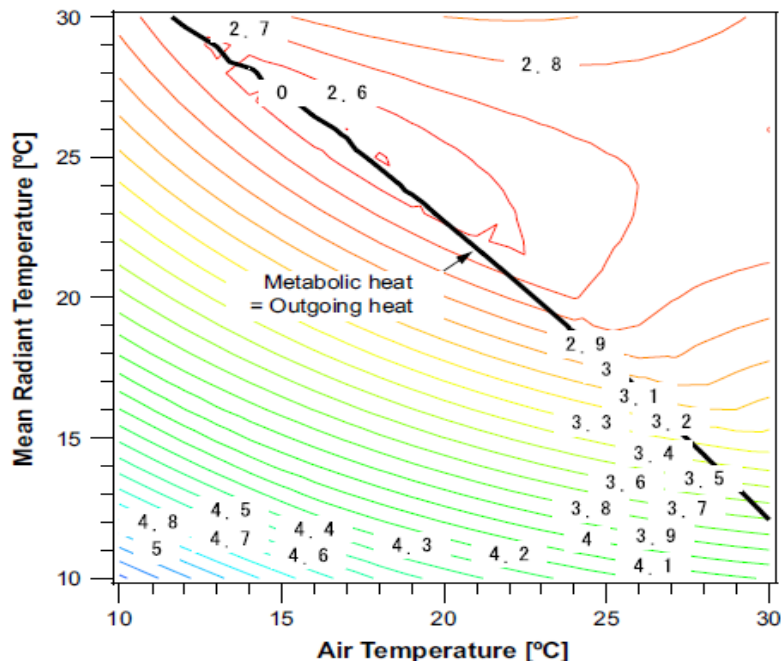


Figura 7. Concepto de exergía.

Aparte del control basado en exergía, la otra gran ventaja es que el algoritmo toma las salidas de los módulos de aprendizaje, por lo tanto, conoce en todo momento la inercia de la vivienda y los hábitos del usuario. De esta manera, tiene la capacidad de decidir si el sistema de calefacción/refrigeración debe encenderse/apagarse acorde a las condiciones de confort proporcionados por la temperatura operativa, ahorrando consumo de energía y mejorando las condiciones de habitabilidad. Por último, cabe destacar que el usuario siempre tiene la capacidad de modificar los valores, en cuyo caso, se priorizan dichos comandos.

## INVOLUCRACIÓN DE LOS USUARIOS

Un aspecto importante que hay que tener en cuenta es la interacción del usuario, del cual es necesario extraer mucha de la información necesaria para dotar de inteligencia al sistema, puesto que el principal actor. Con tal fin, el termostato posee una interfaz gráfica en el propio dispositivo y otra a través de una aplicación Android, las cuales facilitan interacción entre el usuario, el dispositivo y, por lo tanto, con la vivienda. La *Figura 8* muestra la versión preliminar de la interfaz para la interacción máquina-humano que permite al usuario configurar sus hábitos, temperaturas de consigna y modo de funcionamiento.

## CONCLUSIONES

Como ya se ha mencionado, se ha desarrollado un termostato que, en lugar de controlar los sistemas de climatización utilizando la temperatura del aire, utiliza la temperatura operativa, la cual se relaciona directamente con el confort humano, logrando así un control totalmente orientado a incrementar el confort de los usuarios. Además, conocer la inercia del sistema permite una utilización más eficiente de los sistemas de climatización, ya que se sabe exactamente cuándo deben ponerse en marcha o apagarse, evitando el gasto innecesario que supone tenerlos funcionando más tiempo del estrictamente necesario.

Por otra parte, el aprendizaje del horario permite anticiparse a las acciones del usuario, reduciendo al mínimo la interacción del mismo con el termostato y permitiendo que el usuario esté totalmente “despreocupado” del



funcionamiento del mismo. La utilización de técnicas de geofencing también favorece enormemente esta “anticipación” a las acciones del usuario.



Figura 8. Interfaz gráfica de usuario.

## REFERENCIAS

- Directive 2002/91/EC, Energy performance of buildings, online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0091>, accedido 10 de abril 2018.
- Escuela de diseño de Madrid, ESDIMA, ¿Qué es un edificio inteligente?, online, <http://esdima.com/que-es-un-edificio-inteligente/>, accedido 10 de abril 2018.
- Europa 2020, online, [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_es.htm), accedido 28 marzo 2018.
- Juusela, M., Shukuya, M., 2014, Human body exergy consumption and thermal comfort of an office worker in typical and extreme weather conditions in Finland, Energy and Buildings, V. 76, pp. 249-257, ISSN 0378-7788,
- Kdnuggets, online, <https://www.kdnuggets.com/2017/07/introduction-neural-networks-advantages-applications.html>, accedido 19 diciembre 2017.
- Minitab Blog, <http://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/how-to-choose-the-best-regression-model>, accedido 21 diciembre 2017.
- Stanford, online, <http://ufldl.stanford.edu/tutorial/supervised/ConvolutionalNeuralNetwork/>, accedido 19 diciembre 2017.

# GREEN SOUL: ECOSISTEMA TIC PARA EL AUMENTO DE LA ECO-CONCIENCIACIÓN Y FIDELIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE LOS EDIFICIOS HACÍA POLÍTICAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

José Antonio Morales Sánchez, Responsable del área de I+D, Wellness Smart Cities

**Resumen:** GreenSoul es un proyecto H2020 que persigue una mayor eficiencia energética en edificios alterando la forma en que las personas usan el consumo de energía de dispositivos compartidos y personales. Para ello, aplica: 1) Persuasión a los usuarios para hacer sus hábitos de consumo eléctrico más sostenibles, utilizando una variedad de técnicas, desde aplicaciones sociales persuasivas hasta mecanismos de interacción física. 2) Incorporar dispositivos inteligentes para permitirles decidir de forma autónoma sobre su modo de funcionamiento con fines de eficiencia energética. El sistema aprende de los hábitos de uso, actuando cuando se detecta un comportamiento de desperdicio de energía o si los usuarios no atienden a las sugerencias proporcionadas.

**Palabras clave:** Edificios, Eficiencia Energética, Monitorización, Eco-Concienciación, Sostenibilidad, Inteligencia Artificial, Fidelización, Gamificación

## INTRODUCCIÓN

El 25 de octubre de 2012, la UE adoptó la Directiva 2012/27/UE sobre eficiencia energética [1], un hito importante en la promoción de los objetivos de eficiencia energética de la UE. El objetivo final es lograr el objetivo de ahorrar 20 % del consumo de energía primaria para 2020. Para ello, la UE ordena a) una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% en comparación con 1990, b) aumentar la participación de las fuentes de energía renovables en la energía consumo al 20% y c) un aumento del 20% en la eficiencia energética. El proyecto GreenSoul pretende superar 20% de eficiencia energética con una plataforma TIC potenciada por un modelo socio-económico y de comportamiento que guía y ayuda a prácticas más respetuosas con el medio ambiente en personas, dispositivos y edificios.



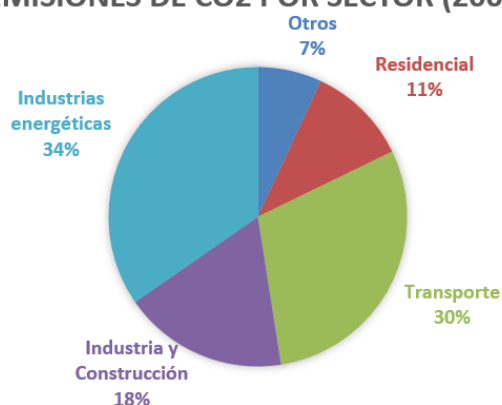
Figura 1. Logo GreenSoul.

Una de las principales fuentes de consumo de energía innecesario es el mal uso de los dispositivos consumidores en edificios como se puede ver en las gráficas en los sectores de servicios y residencial. Incidir en este aspecto es clave para que la UE logre sus objetivos en la mejora de la eficiencia energética en un 20%. Dentro de los edificios, el proyecto se centra en edificios públicos o los edificios de uso o interés público, los cuales todavía demandan mucha atención por parte de la comunidad investigadora e industrial. La visión de GreenSoul es que es posible superar este objetivo logrando una verdadera colaboración entre personas, dispositivos y edificios, poniendo en práctica la gama de tecnologías contribuciones establecidas por este proyecto.

Muchos factores influyen en el comportamiento y las prácticas del consumidor. Desarrollos tecnológicos, consideraciones de la situación económica general, la edad, las normas sociales, los sistemas de creencias y los

rasgos culturales, las estrategias de marketing: todos desempeñan un papel importante papel en la definición de lo que consideramos una forma de vida normal. Por un lado, una investigación reciente [2] sugiere que las preferencias de los consumidores cambian con el tiempo y, en consecuencia, el enfoque debe cambiar del comportamiento del consumidor per se y sobre cómo las diferentes prácticas de consumo se arraigan en la sociedad.

### EMISIONES DE CO2 POR SECTOR (2009)



### CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTOR (2009)

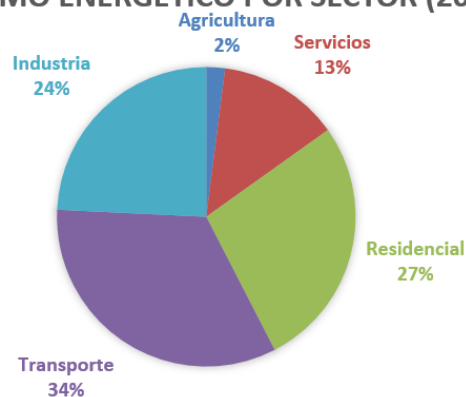


Figura 2. Emisiones de CO2 y consumo energético por sector en 2009.

La investigación sobre eficiencia energética apunta al hecho de que el vínculo entre medidas, es decir, un despliegue más amplio de Smart Meters, y análisis del comportamiento es de vital importancia porque hay evidencias que sugieren que las intervenciones técnicas por sí solas tienen menor impacto y son menos eficientes en costes si se llevan a cabo de forma aislada, es decir, sin ningún programa de acompañamiento diseñado para fomentar el cambio de comportamiento [3]. En este contexto, la investigación sobre el cambio de comportamiento [4] tiene como objetivo identificar los factores educativos, sociales, psicológicos y económicos subyacentes a los patrones de consumo de energía, y definir y evaluar medidas tales como iniciativas de políticas y sistemas de incentivos que pueden influir en esos patrones. Con respecto a los edificios públicos, un problema adicional es que sus usuarios, trabajadores o visitantes no tienen la misma conciencia y las mismas motivaciones con respecto al consumo de energía que pueden tener en sus hogares. Por lo general, los trabajadores desconocen la factura de electricidad real de su organización y sobre cómo su mal uso a menudo inconsciente de los dispositivos consumidores contribuye a aumentar el consumo y por lo tanto, sus emisiones de CO2 asociadas. De hecho, una encuesta que se llevó a cabo en edificios de 9 países distintos [5] reconoció el papel que desempeña el comportamiento de los ocupantes, siendo tan relevante en el consumo de energía como la eficiencia de los equipos. Comprender cómo y por qué las personas se comportan de la manera en que lo hacen en la sociedad moderna nos exige no solo comprender el lado humano de la ecuación, sino también comprender en gran medida el contexto social en el que se produce este comportamiento. En GreenSoul, los aspectos económicos, psicológicos, sociológicos y educativos asociados al uso de la energía se tendrán en cuenta para comprender mejor cómo las personas usan la energía, tanto como individuos como parte de diferentes colectivos. GreenSoul tendrá en cuenta los aspectos económicos y psicológicos asociados con el uso de energía para aprender cómo afectan las elecciones de los usuarios de una manera racional. Por otro lado, GreenSoul también tiene en cuenta los aspectos sociológicos y educativos al analizar el uso de la energía que pone más énfasis en el contexto y las estructuras que determinan, interactúan y se crean por las formas en que las personas se comportan y hacen lo que hacen.

## EL PROYECTO

La propuesta de GreenSoul tiene como objetivo proporcionar una plataforma TIC de bajo coste y de bajo consumo que utilice un conjunto de activos (aplicaciones, interfaces interactivas, adaptadores de dispositivos, medidores inteligentes y un motor de apoyo la toma de decisiones) que medien en las interacciones de los usuarios con sus entornos y la energía consumida por los dispositivos presentes en ellos. GreenSoul concibe los edificios de uso

público como ecosistemas de dispositivos GreenSoul que cooperan con otros dispositivos y, muy importante, con usuarios concienciados para minimizar los consumos innecesarios de energía. La plataforma TIC de GreenSoul estará apoyada en el modelo socio-económico de comportamiento que proporciona la comprensión del mismo para convertir los dispositivos que consumen energía en agentes activos en pro de la sostenibilidad, que interactúen con los usuarios de alrededor qué tan bien o mal están llevando a cabo comportamientos sostenibles, ofreciendo consejos sobre cómo utilizarlos de una manera más eficiente y respetuosa con el medioambiente e incluso adaptar automáticamente su propio funcionamiento para evitar el desperdicio innecesario de energía. En concreto el proyecto tiene los siguientes objetivos técnicos (OT) y sociales (OS).

- OT1: Implementar un adaptador inteligente GreenSoul para convertir las cosas cotidianas en elementos persuasivos, cooperativos e integrantes de una red eco-consciente.
- OT2: Dotar a los posibles sistemas de medida existentes de las propiedades GreenSoul.
- OT3: Implementar un sistema de análisis y de apoyo a la toma de decisiones que orqueste el eco-comportamiento de la infraestructura.
- OT4: Desplegar un set de aplicaciones móviles e interfaces gráficas que potencien la fidelización de los usuarios hacia la adopción de buenas prácticas en edificios de uso público.
- OS1: Proveer a los usuarios de un mejor entendimiento de lo que se consideran las políticas eco-amigables y actitudes hacia la sostenibilidad de edificios públicos.
- OS2: Mejorar la eco-concienciación en espacios públicos mediante herramientas de persuasión.
- OS3: Promover un sistema inteligente, eco-eficiente y autónomo capaz de reaccionar a los comportamientos de los usuarios.
- OS4: Investigar la correlación de los objetivos globales de las distintas organizaciones en materia de eficiencia energética con los individuales de cada usuario
- OS5: Aplicar análisis basados en evidencias usando los datos adquiridos en los pilotos de validación desplegados en 5 países distintos, desde las perspectivas económicas y de comportamiento.
- OS6: elaborar un plan de negocio para la explotación comercial de los modelos y sistemas desarrollados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto GreenSoul se desarrolla en torno a los siguientes elementos:

**Modelo socio-económico de comportamiento** que analizará el comportamiento de los usuarios, propondrá y evaluará mecanismos alternativos para motivarlos a ahorrar energía en función de las características de sus espacios compartidos y los colectivos de personas usuarias de ellos. Las estrategias conductuales y de retroalimentación se probarán en campo a lo largo de cada piloto, lo que implica la prueba de estas estrategias en entornos transculturales. El objetivo es aumentar la validez externa de los resultados de la investigación (por ejemplo, para evaluar qué tipo de poblaciones tomar y realizar la mejor estrategia de incentivo). Estos mecanismos tienen que transferir los beneficios de estos ahorros para los individuos y para el colectivo, para así alentar su cambio de comportamiento.

**Analizadores inteligentes.** GreenSoul aprovechará el uso de medidores inteligentes existentes, integrándolos en la plataforma de gestión del proyecto. De hecho, GreenSoul pretende convertir los medidores en analizadores inteligentes que no solo monitorizan sino que también pueden orquestar los dispositivos que consumen energía y sugerir persuasión e incentivación para los usuarios y grupos como resultado del análisis continuo de sus prácticas de comportamiento de consumo de energía.

**GreenSoul-ed Things.** GreenSoul tiene como objetivo agregar una conciencia de consumo de energía y capacidad de actuación a los dispositivos de concienciación. Para eso, usa dispositivos que se conectan fácilmente a los dispositivos de uso diario, conviértelos en elementos fáciles de estar conectados entre sí. Estos dispositivos con capacidades aumentadas interactuarán con los usuarios para ayudarlos, instruirlos y guiarlos a reducir su consumo. No todos los dispositivos se concebirán desde cero, sino que el objetivo es utilizar los objetos existentes mejorados con tecnología de bajo costo que suministrarán datos a los analizadores inteligentes.

**Interfaces de persuasión e incentivación.** Las aplicaciones sociales y contextuales móviles ayudarán al usuario a controlar su consumo, así como compararlo con el de usuarios de perfiles similares y darle consejos para reducir

este consumo en función de las recomendaciones hechas por el motor de análisis y apoyo a la toma de decisiones. Varias interfaces conceptuales serán adoptadas con el objetivo final de educar a los usuarios y cambiar su comportamiento. Estas interfaces se enriquecerán con mecanismos de persuasión (por ejemplo, gamificación, etc.) adaptados a los perfiles de los usuarios, para incluso aumentar el resultado y el efecto en los usuarios. El objetivo de integrar estos mecanismos dentro de los dispositivos, son dos: a) evaluar cuáles son los medios/canales más efectivos para retroalimentar a los mecanismos persuasivos e incentivos seleccionados, es decir, cuáles son los principales que hacen que las personas se comporten de manera más eficiente; b) dotar a los mecanismos de interacción en tiempo real con los usuarios. De hecho, según los estudios revisados y la experiencia de los socios del proyecto, el envío de señales persuasivas en tiempo real tiene un índice de impacto mucho mayor.

**Motor de análisis para asistir a la toma de decisiones.** GreenSoul desplegará un sistema inteligente para conseguir de forma automática ahorros de energía y reducción de emisiones, los datos adquiridos por los Smart Analyzers, GreenSoul-ed things y elementos existentes, serán analizados en la nube y un motor de decisión irá generando la combinación de mejores acciones pertinentes de actuación y persuasión de los usuarios que correspondan para lograr incidir de la mejor manera en la práctica de políticas eficientes. El motor de análisis basado en la nube realizará el aprendizaje automático y el análisis predictivo sobre los conjuntos de datos generados en cada edificio, estos modelos serán entrenados y calibrados, para poder predecir el estado global del edificio con respecto al consumo de energía. Para este fin, análisis de datos También se utilizarán técnicas big data para manejar la gran información heterogénea (consumo de energía, estado del dispositivo, información del edificio, ocupación, etc.) recolectados del edificio, que en combinación con modelos de inferencia de reglas que alimentarán el motor de soporte de decisiones de GreenSoul, que tomará decisiones autónomas en caso de que comportamientos ineficientes de consumo energético sean detectados (por ejemplo, luces o sistemas de refrigeración que los usuarios han olvidado apagar, etc.).

## RECONOCIMIENTOS

El consorcio está formado por:

**Wellness Smart Cities**, una compañía española de base tecnológica que provee soluciones en el sector de las Smart cities, es la coordinadora del proyecto y es la encargada de dotar de inteligencia a los elementos existentes en los edificios si los hubiera, desplegar sus Smart Analyzers en cada piloto junto con su sistema de control WeSave que representa la capa de visualización de los datos adquiridos en proyecto así como participar en la estrategia de mercado y explotación de los desarrollos previstos. Son los responsables del piloto que se despliega en Sevilla

**Universidad de Deusto**, la unidad de la universidad bilbaína, DeustoTech-Energy lidera los desarrollos de los dispositivos eco-conscientes que interactúan con los usuarios de los edificios, así como los estudios para la generación de los modelos de comportamiento y mecanismos de persuasión. Lideran los despliegues de las estrategias de concienciación entre los usuarios así como en la difusión de resultados de carácter científico que se deriven del proyecto. Son los responsables del piloto que se despliega en Bilbao

**Centre for Research and Technology Hellas**, este centro de investigación griego lidera los desarrollos de los modelos socio económicos que modelan parte del comportamiento de los usuarios de los edificios de los pilotos. Son los responsables del middleware de datos y el motor de asistencia a la toma de decisiones. Participa en los desarrollos de los dispositivos GreenSoul-ed y se encarga de difundir resultados científicos de los modelos implementados. Son los responsables del piloto que se despliega en Salónica.

**Cambridge Cleantech**, son los responsables de uno de los pilotos que se despliegan en Cambridge, lideran la disseminación del proyecto enfocándose en el público más relacionado con el negocio y la posterior explotación, así como la organización de eventos relacionados con el proyecto.

**CERES**, son responsables de las técnicas de fidelización de los usuarios, así como de las aplicaciones móviles que se desarrollarán para garantizar las buenas prácticas entre los usuarios de los edificios. Participan activamente en los distintos eventos y actividades de difusión, son responsables de la creación de la web del proyecto.

**Allia**, son los responsables del segundo piloto que se despliega en Cambridge, concretamente en su centro de negocios Allia Future Business Centre.

**4ward Energy Research GmbH**, involucrados en el análisis de requisitos previos, así como en la definición de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Dan apoyo a la generación de los modelos y a la validación de los impactos de las técnicas desplegadas. Participan en las tareas de difusión y estandarización.

**Energy and Innovation Centre of Weiz**, lidera la definición de la arquitectura, así como la definición de escenarios y casos de uso. Es responsable de la generación de KPIs que validen la consecución de los objetivos y analizará el impacto socio económico de la solución. Son los responsables del piloto en Weiz.

**Municipality of Pilea–Hortiatis**, este municipio de la región de Salónica es el responsable del piloto desplegado allí y participará activamente en la evaluación KPIs así como en la medición de los impactos socioeconómicos del proyecto.

**Ecolution integrated renewable technologies**, estarán involucrados en las instalaciones de los sistemas en los pilotos del Reino Unido.

## REFERENCIAS

- Energy Efficiency Directive, [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm): [Accessed June 2015].
- Simmins, J.J. (2011) "The impact of PAP 8 on the Common Information Model (CIM) ". In Smart Grid, Power Systems Conference and Exposition (PSCE).
- EEA (2013). "Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take? ", ISSN 1725-2237, EEA Technical report No 5/2013
- Department of Energy & Climate Change (2011). An introduction to Thinking about "Energy Behaviour": a Multi Model Approach", gov.uk.
- "Energy Efficiency in Buildings: Business realities and opportunities". (2008) World Business Council for Sustainable Development WBCSD.

## EDIFICIOS INTELIGENTES: AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y AHORRO ENERGÉTICO PARA SU APLICACIÓN EN AULAS

**Rosa Camarillo Escobedo**, Profesora-Investigadora, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Laguna-Dpto. Ingeniería Metal-Mecánica-Mecatrónica

**Elisa Martínez Hernández**, Estudiante de Pregrado de Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Laguna

**Juan Antonio Ramírez Bruno**, Profesor, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Laguna-Dpto. Ingeniería Eléctrica-Electrónica

**Arturo Urquizo Valdés**, Profesor, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Laguna-Dpto. Ingeniería Metal-Mecánica-Mecatrónica

**Juana Camarillo Escobedo**, Profesora, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Laguna-Dpto. Ingeniería Eléctrica-Electrónica

**Resumen:** El creciente incremento del consumo energético y su costo asociado en edificios y hogares, generalmente es debido a la falta de control y supervisión de los equipos. Actualmente, los edificios consumen el 42% de toda la energía eléctrica a nivel mundial. Una de las tendencias en el ahorro energético es la automatización, lo que ha impulsado el desarrollo de edificios inteligentes. El presente trabajo describe la automatización inteligente para la implementación de espacios educativos sustentables orientados a la eficiencia energética y control óptimo de los sistemas de acceso, iluminación, seguridad, control ambiental y audiovisual. El control central se basó en microcontrolador de alta gama, una red de sensores inteligentes y una interfaz gráfica de usuario y comunicación inalámbrica para su operación y configuración mediante PC y dispositivos móviles. Con este enfoque de integración, la automatización y control de un aula logró un ahorro energético del 70% además de minimizar el impacto ambiental en 433.74 kg de CO<sub>2</sub>. Se observó un incremento del 90% de satisfacción del usuario así como un incremento del 85% en su aprendizaje de acuerdo a evaluación de encuestas. El desempeño de la iluminación LED cumplió con la norma NOM-025-STPS-2008.

**Palabras clave:** Edificios Inteligentes, Automatización, Microcontrolador, Red de Sensores, Comunicación Inalámbrica, Ahorro Energético, Educación Sustentable

### INTRODUCCIÓN

En la educación pública, la carencia de espacios, el reducido equipamiento tecnológico en las aulas, así como una falta de planeación en los servicios generales y de mantenimiento en las instituciones, han propiciado el desinterés de aprendizaje y la casi nula búsqueda del conocimiento por parte de la mayoría de los estudiantes.

Los sistemas de automatización de viviendas y edificios tienen que ver en el sentido más amplio, con la mejora en la interacción con y entre los dispositivos tecnológicos que se encuentran típicamente en el interior de una habitación. Los recientes avances en la adquisición de datos y análisis de los mismos, el desarrollo, ampliación y modernización de la tecnología inalámbrica y el internet de las cosas (IoT) están abriendo nuevas posibilidades para la tecnología de Edificio Inteligente. En la actualidad, los sistemas de gestión de edificios (BMS) tienen la capacidad de aprender e incluso anticiparse a las necesidades de sus ocupantes y preferencias para la luz, la temperatura y otros servicios incluyendo el ahorro de energía a través del suministro dirigido y el uso de las energías renovables. La automatización de edificios puede considerarse como un caso especial de automatización de procesos, pero como proceso, el ambiente interior del edificio (y sus alrededores más próximos) [1].

En este sentido, un AULA INTELIGENTE lo define el ambiente inteligente para dar soporte a los procesos educativos bajo el modelo colaborativo y/o reflexivo. Sustituye la interacción en el aula del profesorado y alumnado de un salón de clases de cuatro paredes a un ambiente inteligente y sustentable que va desde el ahorro de energía, la seguridad, la automatización y control de los dispositivos tecnológicos instalados, hasta la generación y búsqueda del conocimiento. Otros parámetros que considera son la arquitectura y el mobiliario los cuales deben ser seleccionados especialmente con características como su flexibilidad, movilidad, luminosidad y excelente acústica. Por otro lado los costos relacionados con el consumo de electricidad son una de las razones actuales de la creciente demanda de usuarios para la construcción de sistemas de automatización en edificios inteligentes.

Esta área está fuertemente influenciada por el avance y desarrollo de las tecnologías de la información y las redes de comunicación (TIC'S). Para lograr la gestión de instalaciones inteligentes y mejorar el rendimiento general del aula, es necesario desarrollar e implementar sistemas de control y automatización de edificios (BACS) de una manera eficaz, considerando las tecnologías apropiadas, los requisitos e innovación del proyecto.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto de investigación se presenta una solución rentable y económica que utiliza un controlador central en el núcleo del sistema basado en microcontrolador de alta gama para dotar de inteligencia al aula. El control central gestiona la operación de dispositivos de los sistemas de control de acceso, seguridad, automatización del sistema audiovisual y el control de ambiente y monitorización. Para la configuración, supervisión y operación de estos sistemas, se creó una interfaz gráfica que opera en una PC la cual fue desarrollada utilizando Visual Studio C#. Para dispositivos móviles como tableta electrónica y teléfono inteligente, se desarrolló una App utilizando Andoid Studio. Esto permite al usuario configurar el entorno del aula inteligente de acuerdo a las necesidades que se presenten.

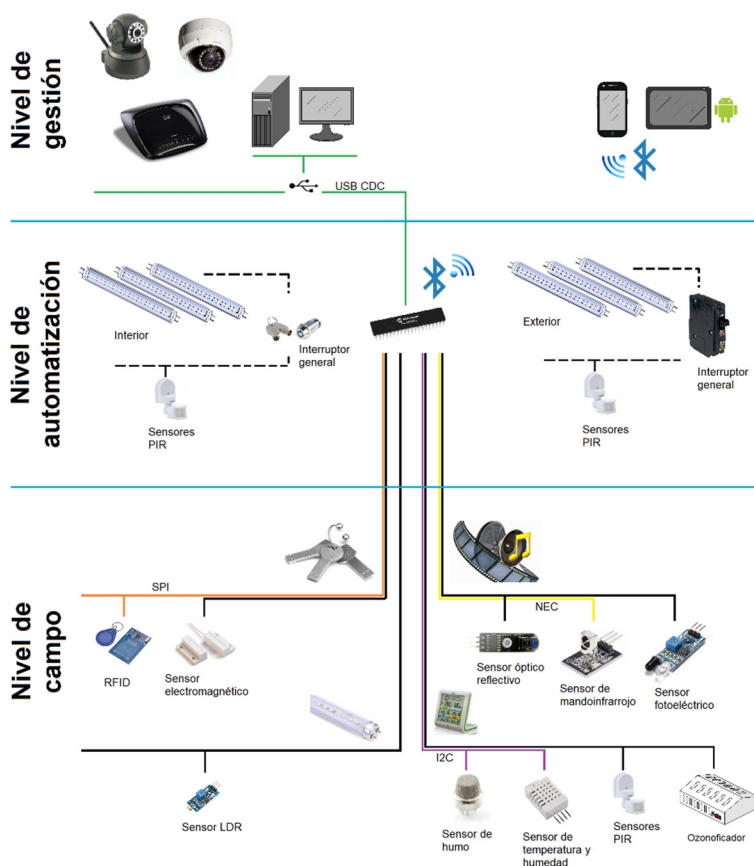


Figura 1. Diagrama general de la automatización del AULA INTELIGENTE.

## Antecedentes

La mayoría de las técnicas de automatización de edificios se centran en la explotación de las comunicaciones inalámbricas para el enlace de los dispositivos. Las estrategias iniciales se basaron en comunicar sensores mediante Bluetooth para la automatización del hogar [2]. Otro sistema de automatización basado en Bluetooth implementó un mando a distancia y un controlador de host móvil que logró la comunicación con varios dispositivos que



representaron a los electrodomésticos [3]. Otro desarrollo logró implementar topologías multipunto para transmitir información de un nodo sensor a un teléfono móvil o PC [4]. Un sistema domótico se logró utilizando protocolo ZigBee mediante una red Wi-Fi a través de una puerta de enlace, evaluado la integración de 4 dispositivos [5]. Un enfoque similar fue realizado mediante el diseño de una arquitectura de integración de una red doméstica ZigBee [6]. Otro sistema desarrollado consistió en la interconexión y control de dispositivos y sensores mediante el empleo de FPGA (*Field Programmable Gate Array*) [7]. Estos sistemas pueden variar, de simple control remoto de la iluminación, mediante redes basadas en microcontrol de instrucciones complejas con diferentes grados de inteligencia y automatización [8]. De acuerdo a la automatización de edificios, el término de Domótica se refiere generalmente a la automatización en áreas no industriales con la integración de las nuevas tecnologías al espacio arquitectónico aplicadas al control y automatización inteligente que permite una gestión eficiente del uso de la energía, seguridad, confort y comunicación entre el sistema y el usuario [9]. Considerando el IoT, para el control de iluminación de un edificio se han implementado sistemas embebidos y comunicación inalámbrica a través de Internet 2 teniendo como servidor una tarjeta adquisitora Raspberry y como esclavos tarjetas Arduino. En una revisión de los últimos cinco años, se han propuesto varios tipos de sistemas de automatización del hogar y se clasifican de acuerdo a su funcionalidad, el modo de interacción con el usuario, los sistemas de programación y la rentabilidad.

## Control Central

El sistema de control central procesa la información para la operación de los sistemas de Control de acceso, Control de Iluminación LED, Seguridad y alarmas, Automatización de audiovisual (encendido/apagado de proyectores, ascenso-descenso de pantallas, audio, apertura/cierre de persianas) y Monitoreo del ambiente exterior/interior (calidad del aire, temperatura y humedad). Así mismo cuenta con un tablero de operación manual, para realizar mantenimientos al sistema.

El sistema de control central se basa en un microcontrolador de alta gama PIC18F4550 (Microchip, USA), para la operación y adquisición de las señales generadas por una red de sensores inteligentes y dispositivos periféricos incorporados en cada sistema. Para el procesamiento de estas señales, el microcontrolador utilizó los siguientes módulos de comunicación. **FS-USB** (12Mbit/s): comunicación con la interfaz gráfica de usuario en la PC; **I<sup>2</sup>C**: comunicación Control de ambiente; **SPI** (hasta 10Mbit/s) (*serial peripheral interface*): Comunicación para el control de acceso; **EUSART** (puerto serial asíncrono): comunicación con dispositivos móviles (Tableta electrónica y/o teléfono inteligente). Para la automatización del sistema audiovisual, el microcontrolador utilizó el puerto E/S digitales mediante el protocolo NEC.

## Sistema de control de acceso

Se implementó un sistema de control de acceso inalámbrico de corto alcance mediante tarjetas RFID (*Radio Frequency IDentification*) RC522 (MIFARE, Alemania). La comunicación de este dispositivo se realizó mediante el puerto serial SPI del microcontrolador y transmite datos en formato ASCII. Fueron utilizadas las 5 líneas de transmisión del protocolo: GND, MOSI, MISO, SDA y SCK. Se estableció una transmisión asíncrona por lo que se puede recibir información por un canal y por otro canal enviar información. Se desarrolló una base de datos local para almacenar y definir los códigos de acceso de las tarjetas RFID para cada uno de los docentes que tendrían acceso al área. Una vez reconocido el código ID, el control central manda una señal a un circuito de potencia para energizar la bobina de la chapa eléctrica permitiendo así la apertura del mecanismo de la puerta. Una vez accedido se almacena en la base de datos la fecha y hora de entrada del docente.

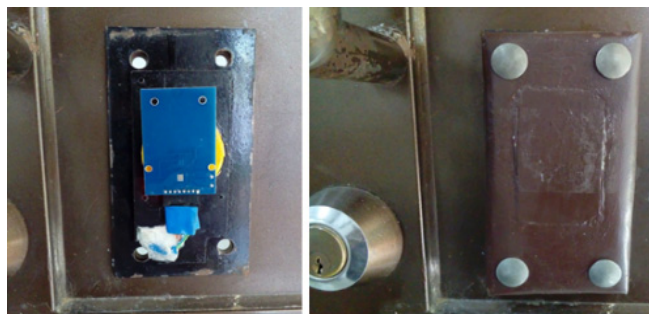


Figura 2. Módulo de RFID.

## Sistema de iluminación LED

La operación automática de lámparas LED por movimiento es posible gracias a la fusión sensorial cooperativa de 4 sensores PIR colocados en cada una de las esquinas del aula, manteniendo un campo visual de 180° hasta 11 m, de zonas de movimiento. Estos se configuran con tres modos ajustables: sensibilidad, iluminación y tiempo de encendido. Este mismo procedimiento, el cual dura 4 minutos, está aplicado individualmente para cada lámpara exterior del pasillo para iluminar el trayecto del transeúnte cuando la luz natural se reduzca a 20%.



Figura 3. Area de trabajo de los sensores de movimiento en a) aula; b) pasillo exterior.

## Sistema de control de ambiente

El mayor consumo energético en los edificios es generado por el equipo de climatización instalado. Para un óptimo control de ambiente interno fueron instalados sensores para el monitoreo de temperatura, humedad y atmosfera (gas LP, CO, CO<sub>2</sub>). Este sistema se basó en un microcontrolador de gama media PIC12F508A (Microchip, USA), un sensor digital de temperatura y humedad DHT22, un sensor de gas MQ-135 y la señal obtenida de la fusión sensorial para detección de movimiento. El proceso automatizado se basó en una sencilla lógica de control con las variables de temperatura y presencia. Con el objetivo de un uso eficiente de la energía, fueron determinados los parámetros de operación cuando la temperatura fuese superior a los 25°C y se detectara movimiento en el espacio. Además, debido a la integración del sensor de gas, dada la detección de alguno como gas LP o dióxido de carbono por incendio, el sistema de control de ambiente tendrá la prioridad de activar una alarma externa y abrir automáticamente la puerta para permitir la salida de los ocupantes del aula.

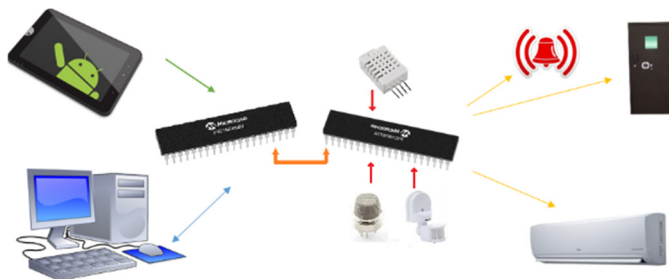


Figura 4. Visión general del sistema de control de ambiente.

## Automatización del Sistema Audiovisual

El aula inteligente fue pensada para proporcionar un óptimo ambiente de estudio, con los medios tecnológicos y audiovisuales para el enriquecimiento del aprendizaje. La automatización de estos dispositivos, consistió en el control de luz natural incidente en el aula mediante la operación de apertura y cierre de persianas PVC, el desplazamiento automático de dos pantallas de proyección, el encendido de dos proyectores de video, el control del sistema de iluminación LED y el equipo de audio. El proceso automatizado consiste en el control de una secuencia de operación de todos estos dispositivos al momento de encender un proyector, señal que recibe un sensor VS1838B y decodificado por el CMIR (Control Mando Infrarrojo). Este control de proceso consiste en encender proyector, bajar la pantalla correspondiente a ese proyector, apagar la iluminación LED al 20% y cerrar persianas. Estas señales son enviadas en protocolo NEC. El protocolo NEC utiliza codificación de bits por pulsos a distancia. Cada pulso es de 560 us de duración con una portadora de 38 KHz (cerca de 21 ciclos). Un "1" lógico toma 2.25 ms para transmitirse mientras que un "0" lógico es de sólo la mitad del anterior siendo de 1.125 ms y el bit de inicio tiene una duración de 13.5 ms. Haciendo un total de 32 bits de dato y un bit de inicio.

## RESULTADOS

El sistema de iluminación LED diseñado e implementado proporcionó 355.55 luxes cumpliendo con la norma NOM-025-STPS-2008 para las aulas académicas. Las pruebas fueron validadas utilizando un instrumento industrial para la medición de luminosidad Light meter HS1010. De acuerdo a la longitud de 25 m en el pasillo exterior al aula, el sistema captó movimiento en un rango de 1.5 m y a un 20% de la luz natural, ocurrido entre las 7:55 pm y 8:05 pm para poder encenderse. El consumo eléctrico de las luminarias, considerando un uso diario de 6 hrs durante el semestre agosto-diciembre fue de 36KW con ahorro energético del 70%. De acuerdo a los datos de CFE (Comisión Federal de Electricidad), fue calificado como consumo bajo por ser menor a 300 KWh (para la región norte de México). Por otro lado, la cantidad de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que no se expulsó al medio ambiente fue de 433.74 Kg. Las interfaces gráficas para PC y dispositivos móviles desarrolladas, ofrecen una facilidad de operación tal como cualquier aplicación para Windows. En la figura 5 (a) se puede observar esta interfaz. Integra (1) menú de herramientas para la conectividad con el control central, (2) barra de menus para el manejo de datos e históricos, (3) Area de iconos para el control de dispositivos y (4) una barra de estado para los mismos.

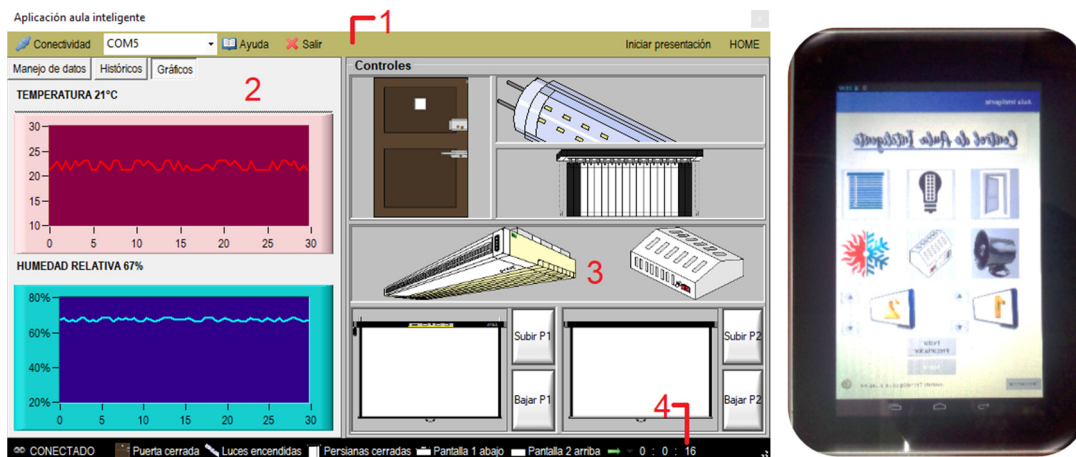


Figura 5. Interfaz virtual (a) para PC y (b) App para dispositivos móviles.

La barra de herramientas se puede observar en la figura 6. Esta posee las siguientes funciones: 1-Conectividad: contiene las opciones del manejo de puertos, refrescar, desconectar o guardar el puerto actual; 2-Seleccionar el puerto COM del control central; 3-Menu de ayuda: Despliega una lista de documentos de ayuda para el usuario; 4-Menu de salida: Permite salir de la aplicación de manera segura y 5-Menu de opciones especiales para iniciar el proceso automático del audiovisual.



Figura 6. Barra de herramientas de la interfaz virtual para PC.

Las encuestas realizadas para obtener el nivel de satisfacción de los estudiantes así como el incremento en su aprendizaje mostraron un 90% de satisfacción del usuario, así como un incremento del 85% en la calidad académica e infraestructura, datos obtenidos de los docentes que imparten cátedra en el AULA INTELIGENTE.



Figura 7. Incremento en la calidad educativa ofrecida en el AULA INTELIGENTE; a) uso de pizarrón electrónico; b) uso del sistema audiovisual; c) Video conferencia internacional IEEE SPECTRUM Webinars.

## CONCLUSIONES

Este proyecto de investigación está dirigido a promover el cambio del modelo educativo en México, partiendo de la conceptualización de lo que sería la calidad en educación no solo con la implementación de aulas activas conformadas por las TIC's (tecnologías de la información y comunicaciones), sino adaptarse a un mundo cada vez más globalizado y donde resulta necesario el empleo y/o desarrollo de tecnología para un intercambio de conocimientos tanto nacional como internacional. Bajo este esquema, se logró el desarrollo tecnológico de hardware y software embebido obteniendo un prototipo de bajo costo, alto desempeño y confiabilidad para lo cual se cuenta con el registro de derechos de autor, tanto del sistema electrónico del control central, el dispositivo electrónico de control de acceso y el software de la interfaz gráfica. Con este prototipo de automatización, control y ahorro energético, se espera coadyuvar a la reducción del consumo eléctrico e incrementar la calidad académica con el fin de incrementar el financiamiento y participación en proyectos de innovación que puedan introducirse a un mercado importante.

## REFERENCIAS

- [1] ISO, Building Automation and Control System (BACS) Part 2., ISO Std. 16 484-2, 2004.
- [2] Shepherd R., «Bluetooth wireless technology in the home» Journal of Electronics and Communication Engineering, vol. 13, nº 5, pp. 195-203, 2001.
- [3] Sriskanthan N., «Bluetooth based home automation system» Microprocessors and microsystems, nº 26, pp. 281-289, 2002.
- [4] Song G., Wei Z., Zhang W., Song A., «Design of a networked monitoring system for home automation» IEEE transactions on Consumer Electronics, vol. 53, nº 3, pp. 933-937, 2007.
- [5] Gil K., Yang H., Yao F., Lu X., «A ZigBee-based home automation system» IEEE Transaction on Consumer Electronics, vol. 55, nº 22, pp. 422-430, 2009.
- [6] Young-Guk H., «Dynamic integration of Zigbee home networks into home gateways, usign OSGi service reistry.» IEEE transaction on Costumer Electronics, vol. 55, nº 2, pp. 470-476, 2009.
- [7] Debono C., Kurt A., «Implementation of a Home Automation System through a Central FPGA Controller» de IEEE Electrotechnical Conference (MELOCON), Mediterran, 2012.
- [8] Thomas J., «Intelligent sensor based building automation and energy management» International Journal of Advanced Research in Computer Science and, vol. 3, nº Issue 8, pp. 841-851, 2013.
- [9] CEDOM, Instalaciones domoticas, cuaderno de buenas prácticas para promotores y constructores, 2a. Ed. ed., Madrid: AENOR, 2008.
- [10] Royal academy of engineering, «Smart Building; people and performance» Prince Philip House, London, 2013.

## SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL DE AFORO EN EDIFICIOS DE ALTA DENSIDAD DE OCUPACIÓN

**Alejandro García Martín**, Gerente de Ventas Zona Sur, Bosch Security & Safety Systems

**Resumen:** El presente proyecto tiene como objeto describir y especificar los requisitos técnicos y funcionalidades básicos necesarios para la implantación de un sistema automático de conteo, control de afluencia y grado de ocupación de espacios de interior y exterior, gracias a las cámaras IP de Bosch que cuentan con analítica de video embebida. Pretende esclarecer también las condiciones idóneas para un mejor funcionamiento de dicho sistema evitando cualquier posible error de cálculo, así como las medidas correctoras para minimizar los errores inevitables en lugares donde no es posible alcanzar las condiciones idóneas. Además, señala y recomienda los modelos de cámaras más utilizadas para llevar a cabo estas actividades de control, junto con sus principales funciones y una breve explicación final sobre la correcta colocación de dichas cámaras para optimizar su uso.

**Palabras clave:** Videovigilancia, Intrusión, Control, Cámaras, Conteo, Afluencia, Ocupación, Detección

### INTRODUCCIÓN

Bosch Security & Safety Systems trata de realizar de una forma más eficiente y automática tareas relacionadas con la videovigilancia y el control de accesos. Así, consigue implementar en sus cámaras tecnología que permite realizar análisis de video, consiguiendo que estas cámaras realicen actividades de conteo, control de afluencia y de grado de ocupación de forma totalmente automática.

Esto facilita en gran medida el trabajo de los encargados de seguridad, que pueden controlar de una forma más fácil las zonas de posibles peligros, y pudiendo analizar en todo momento la situación. El objetivo de Bosch es continuar mejorando e implementando más tareas y funciones inteligentes a sus cámaras.

### DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

#### Sistema automático de conteo, control de afluencia y grado de ocupación de Bosch

El sistema automático de conteo, control de afluencia y grado de ocupación de Bosch, es una solución basada en sensores de captación no intrusivos, es decir, sin contacto físico con las personas que suelen pasar inadvertidas, conectados a un software que gestiona y almacena los datos, genera alarmas, y adapta la información a los formatos necesarios para trasladarla en tiempo real a un sistema superior, como el de gestión de un edificio, o la plataforma multiservicio de una ciudad.

Como sensores se utilizarán cámaras IP de Bosch con analítica de video embebida en las propias cámaras. La analítica de video Bosch está basada en tecnologías de visión artificial desarrolladas por un departamento multifuncional con aplicaciones para el sector de la automoción (detección de objetos en la carretera, lectura de señales, vehículo autónomo, etc.), la seguridad y las ciudades inteligentes.



Figura 1. Plataforma multiservicio de aforo.

Las cámaras con Intelligent Video Analytics analizan permanentemente el fondo de la imagen, considerando solo los movimientos de la escena en primer plano. Es posible configurar diferentes modos de funcionamiento, entre los que destacan el modo “**Seguimiento 3D**”, que permite distinguir entre personas a pie, motocicletas, turismos y camión, y el modo “**Seguimiento de personas 3D**”, que realiza la división de un grupo de personas juntas en personas individuales.

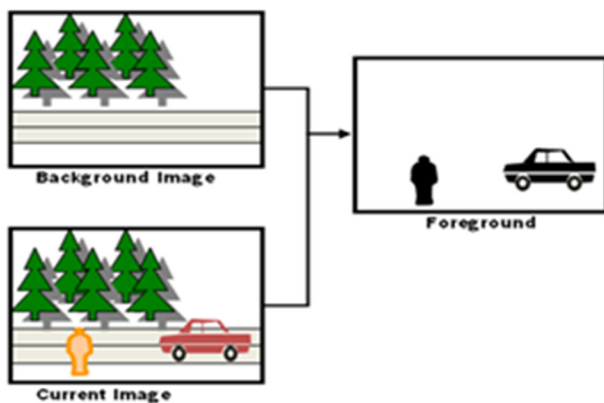


Figura 2. Seguimiento 3D.

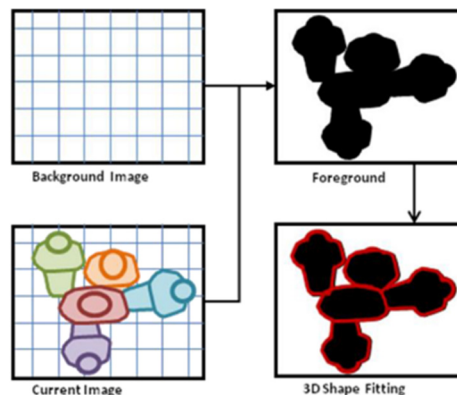


Figura 3. Seguimiento de personas 3D.

Las cámaras con Intelligent Video Analytics analizan permanentemente el fondo de la imagen, considerando solo los movimientos de la escena en primer plano. Es posible configurar diferentes modos de funcionamiento, entre los que destacan el modo “**Seguimiento 3D**”, que permite distinguir entre personas a pie, motocicletas, turismos y camión, y el modo “**Seguimiento de personas 3D**”, que realiza la división de un grupo de personas juntas en personas individuales.

Las cámaras cuentan con diferentes reglas de analítica programables en proyectos de control de aforo y ocupación. Cada cámara puede utilizar **hasta 8 reglas simultáneamente**, lo que permite crear eventos y conteos en diferentes áreas de la escena, establecer redundancias en el mismo acceso, o crear combinaciones entre ellas. Principalmente se utilizarán el **conteo** de objetos que cruzan una línea, los **niveles de ocupación** o aglomeración y el **control de flujos**, o detección del sentido del movimiento y velocidad.

Todos los datos de conteo y los eventos generados por las diferentes reglas programadas en la cámara son transmitidos en tiempo real al Software de Control de Aforo, instalado en el centro de proceso de datos del edificio o de la ciudad, donde serán almacenados, tratados y adaptados a los diferentes interfaces de comunicación con otros sistemas superiores.

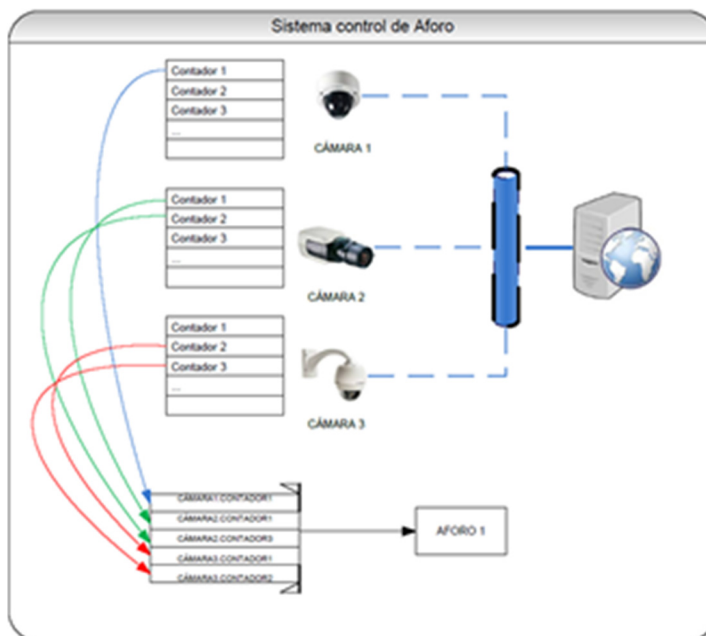


Figura 4. Sistema de control de Aforo.

Disponer de la analítica de video embebida en la cámara, aporta al sistema las siguientes ventajas: **conectividad con banda estrecha** (la conexión entre las cámaras y el Software de Control de Aforo apenas necesita ancho de banda, ya que sólo se transmiten los datos relacionados con el conteo y los eventos); **redundancia en los datos** (Es posible almacenar localmente los datos en las cámaras (incluyendo una tarjeta SD), especialmente en casos de redes que puedan sufrir cortes de servicio puntualmente, como redundancia al almacenamiento centralizado), y **protección de datos** (al funcionar como un sensor no incumple la normativa de protección de datos).

El Software de Control de Aforo, dispone de los siguientes módulos: **módulo de conteo**, **módulo de gestión** (aplicación WEB que permite la configuración usuarios, cámaras, aforos y alertas).

El Software de Control de Aforo contiene un agente "API Rest" compatible con el Context Broker de Fiware, y con otras plataformas de ciudad.



Figura 5. Software de Control de Aforo.

El Sistema de Control de Aforo ofrece resultados con un error inferior al 3% siempre que se den unas condiciones idóneas de funcionamiento. Entre dichas condiciones estarían la de una iluminación uniforme, una visión cenital, una iluminación cenital, superficies no reflectantes, inexistencia de elementos que obstruyan y un máximo de 20 personas accediendo a un área, entre otros.

En instalaciones de exterior, donde no es posible conseguir las condiciones idóneas, es posible aplicar una serie de medidas correctoras con objeto de obtener resultados con un error inferior al 10%. Estas medidas serían la de la creación de conteos redundantes, corrección de sombras y filtros de objeto (tamaño, color, etc.)

La posición de la cámara es clave para obtener resultados válidos. Es recomendable una visión cenital de la escena para el conteo de personas en un acceso, ya sea interior o exterior, nunca de vista frontal. Esto permite que las personas sean detectadas y separadas fácilmente. La altura recomendada para la ubicación de la cámara es entre 3m y 6m para no afectar a la fiabilidad. Si se varía la altura, sería recomendable realizar pruebas de campo.

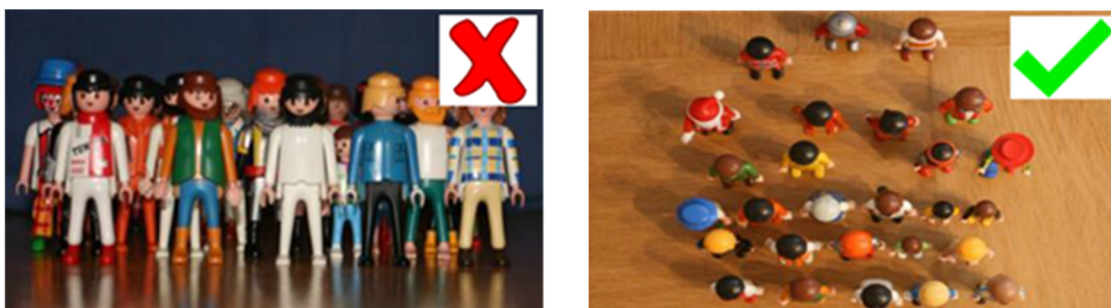


Figura 6. Perspectiva correcta para las cámaras.

Es recomendable una vista panorámica en altura para la detección del grado de ocupación, aglomeraciones y flujo, sobre todo para interiores de gran tamaño o zonas de exterior. Para este tipo de aplicaciones será necesario realizar un cálculo para dimensionar correctamente el número de cámaras necesarias, la altura de instalación y la distancia focal de las lentes, en base al área a cubrir.

Para facilitar la selección del tipo de cámara (hay modelos con diferentes lentes), se recomienda utilizar la herramienta **Video Analytics and Lens Calculator**.



## RESULTADOS

Las cámaras recomendadas para el Sistema de Control de Aforo pertenecen a las familias 7000, 8000 y 9000. Dependiendo de las condiciones de instalación se podrán utilizar diferentes formatos. Los más utilizados son los modelos Panoramic IP 7000, principalmente para interior, y Flexidome IP 7000 para exterior.

El compromiso de Bosch es ir mejorando e incorporando nuevas tareas y funciones inteligentes a las cámaras con **actualizaciones gratuitas**. Hasta la fecha del documento están disponibles las siguientes:

- Detección de: objetos que se encuentran en un área y su entrada y salida; cruces de líneas múltiples comprendidos entre una y 3 líneas combinadas en una fila lógica; objetos que atraviesan una ruta; objetos inactivos por un periodo de tiempo predefinido; objetos sustraídos; objetos cambiantes en un período de tiempo configurado; nivel de aglomeración específico en un área predefinida; sentido del movimiento especificado y su velocidad, y objetos que se mueven en dirección contraria al resto.
- Conteo de: objetos que cruzan una línea virtual y objetos que están dentro de una zona y alarma al alcanzar un límite predefinido.
- Combinación de tareas utilizando secuencias.

Para mejorar la robustez y fiabilidad del sensor, la configuración permite ignorar áreas de la escena específicas y objetos pequeños, distinguir entre personas de pie, coches, motos y camiones, o usar filtros, en cualquier combinación de tamaño del objeto, velocidad, movimiento bidireccional, relación de aspecto y color.



Figura 7. Cámaras Bosch.

Las estadísticas de las propiedades de los objetos se almacenan y pueden mostrarse refinando los filtros de objetos (**Búsqueda Forense**). Las propiedades de los objetos pueden definirse también seleccionando un objeto similar en el vídeo.

Para realizar una calibración óptima y sencilla las cámaras IP de Bosch incluyen sensores que detectan automáticamente el ángulo de la cámara respecto al suelo, el posicionamiento de la lente (distancia focal), así que solo será necesario introducir la altura de montaje la cámara.

Las analíticas de vídeo, y en concreto la destinada al conteo, afluencia y ocupación, deben ser aplicadas sobre una imagen de calidad para asegurar unos resultados fiables. Por lo que es clave el uso de sensores capaces de ofrecer las mejores imágenes en cada comentario, adaptándose de forma dinámica a la iluminación, contraluces, destellos, posibles fenómenos climatológicos, o vibraciones y oscilaciones de los soportes donde se instalan. Las cámaras propuestas incorporan las siguientes funciones y prestaciones en ese sentido:

- Tecnología Starlight: visión en color desde 0,0075 lux y en blanco y negro desde 0,0011 lux.
- Rango dinámico extendido: 120dB, basado en un proceso de exposición múltiple que captura detalles en las zonas iluminadas y en las sombras.

- CBIT (Content Based Imaging Technology): se utiliza para mejorar radicalmente la calidad de imagen en todas las condiciones de iluminación y para identificar áreas para mejorar el procesamiento. La cámara examina la escena mediante la función Intelligent Video Analytics devuelve la información necesaria para reajustar el procesamiento de la imagen.
- iDNR (Intelligent Dynamic Noise Reduction): reduce los requisitos de ancho de banda y de almacenamiento. Analiza activamente el contenido de la escena y reduce los artefactos de ruido de forma acorde.
- Codificación basada en zonas: Se pueden ajustar parámetros de compresión para un máximo de ocho zonas para realizar una alta compresión de las zonas de poco interés, dejando más ancho de banda para las partes importantes de la escena.

Muy importantes son los factores ambientales, que dependerán de la ubicación de la cámara (interior o exterior). Principalmente se tendrán en cuenta la temperatura y humedad relativa que puede soportar la cámara en funcionamiento, la protección frente a agua y polvo (IP-xx), la protección frente a la corrosión (Nema-xx), y la robustez frente a actos vandálicos (IK-xx). Las cámaras propuestas incorporan las siguientes protecciones ambientales:

Factor ambiental	Panoramic IP 7000 (Interior)	Flexidome IP 7000 (Exterior)
Temperatura	De -20 °C a +40 °C	-30 °C a +50 °C continuo, con picos de -34 °C a +74 °C
Humedad Relativa	Del 20% al 93%	Del 5% al 93%
Protección Agua y Polvo	--	IP66
Protección corrosión	--	Nema-4X
Protección vandalismo	IK6	IK-10

Tabla I. Protecciones ambientales.

Como resultado de las investigaciones de Bosch y de la implementación de la tecnología antes mencionada a sus cámaras de videovigilancia y de control de accesos, se ha conseguido que las cámaras de Bosch cumplan con funciones más allá de las básicas, mejorando la calidad de la seguridad de muchos recintos o espacios abiertos. Además, con la tecnología implementada consigue que las imágenes sean de gran calidad, incluso en la oscuridad.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las nuevas aplicaciones de las cámaras de Bosch no mejoran solo la calidad del trabajo de los encargados de seguridad, sino que supone una gran mejora en la calidad de las personas que se ven afectadas. Es decir, se traduce en una mayor tranquilidad de las personas que acuden a eventos en los que la aglomeración es elevada, y se reduce el riesgo de posibles estampidas en las que no haya opción de movimiento por problemas de superar el aforo.

Bosch con esto consigue que sea bastante fácil reconocer y analizar en cualquier momento la cantidad de personas que hay en un área determinado, para poder controlar esa área mejor.

Pero los beneficios también incluyen labores de seguridad tales como protección de las personas de un área determinada gracias a la detección de cualquier objeto sospechoso o cualquier movimiento de una persona sospechoso. Los sistemas de Bosch alertan automáticamente a los encargados para que puedan actuar con la mayor brevedad posible, evitando así posibles tragedias.

Además de labores de seguridad, las funciones que implementa Bosch Security & Safety Systems pueden utilizarse como labores de investigación, como por ejemplo para determinar fácilmente el número de personas que frecuentan una ubicación concreta.

# SISTEMA DE SEGURIDAD GLOBAL PARA LA EVACUACIÓN AUTÓNOMA E INTELIGENTE

**Jesús María Espinosa**, Director General, ElectroZemper  
**Jorge Prado**, Responsable Innovación, ElectroZemper  
**Juan Carlos López**, Director, Grupo ARCO (U.C.L.M)  
**Fernando Rincón**, Responsable Técnico, Grupo ARCO (U.C.L.M)

**Resumen:** Se presenta un Sistema de seguridad global para la gestión inteligente de emergencias en edificios públicos mediante un sistema de control adaptativo, capaz de proporcionar las alternativas más adecuadas para la evacuación, en caso de emergencia. Esta gestión está basada en la información obtenida de otros sistemas como pueden ser sistemas contraincendios, cámaras de videovigilancia, o de multisensores que proporcionan información tal como temperatura, niveles de CO, presencia, etc. A partir de esta información se determina en todo momento la situación real del edificio y se evalúan los niveles de emergencia, y las rutas más seguras, en caso de evacuación. El guiado en tiempo real se hace mediante unas nuevas luminarias de señalización de emergencia que denominaremos adaptativas, y mediante las cuales se indicarán las rutas óptimas para evacuar. Estas rutas son las que proporciona y controla el sistema de seguridad global a través de un software de gestión de la evacuación. Otra de las características del sistema es el control del flujo de personas, que se realiza mediante sensores volumétricos o de presencia, con el fin de evitar aglomeraciones y equilibrar el tráfico. Con todos estos sistemas, el personal habitual en el edificio podrá ser avisado en tiempo real mediante una app donde recibirá alertas al móvil, e incluso podrá ser guiado mediante gps indoor a la ruta más cercana y segura, ganando minutos críticos para la evacuación. El modo de funcionamiento podrá ser automático o controlado por operadores, que incluso podrán verificar la situación real a través del sistema de cámaras.

**Palabras clave:** Seguridad, Evacuación Segura, IoT, Control Distribuido, Servicio, Iluminación de Emergencia Adaptativa, Edificio Inteligente

## PROYECTO

Se trata de un proyecto de investigación y en fase de desarrollo, en colaboración con la Universidad de Castilla La Mancha, con el fin de incorporar Innovación en el ámbito de la seguridad a través de las tecnologías de la información y el Internet de la Cosas (IoT).

## ANTECEDENTES Y NECESIDADES

En caso de emergencia, las personas tienden a evacuar a través de la misma entrada de acceso del edificio, obviando señalización y salidas de evacuación, por falta de formación, información, claridad o visibilidad de las mismas. Según pruebas realizadas, solo el 38% de la gente “ve” en caso de necesidad la señalización de la iluminación de emergencia.

La iluminación de emergencia es un caso particular de iluminación ya que no se valora normalmente la estética o el confort y es un elemento que se considera aparato obligatorio (igual que los extintores).

Hoy en día la aparición de situaciones de emergencia en edificios de gran capacidad, albergando cientos de personas en ellos, puede forzar a una evacuación masiva de sus ocupantes. Aun disponiendo del personal formado, puede ser imposible acceder a todas las localizaciones lo que supondría amplios tiempos de evacuación y por tanto posibles pérdidas de vidas humanas.

Por otro lado, estamos ante un nuevo punto de inflexión de los sistemas de automatización de edificios, la cuarta revolución industrial, transformación digital, IoT o también llamada industria 4.0, que también ha llegado al sector de la iluminación de emergencia por lo que algunas empresas de este sector están invirtiendo en tecnología para poder abordar este gran reto de seguridad. Sin embargo, la no disponibilidad de una solución completa no cubre la necesidad de tener el control total de la evacuación por lo que estos sistemas aún no están completamente desarrollados y están en fase muy preliminar o de prueba.

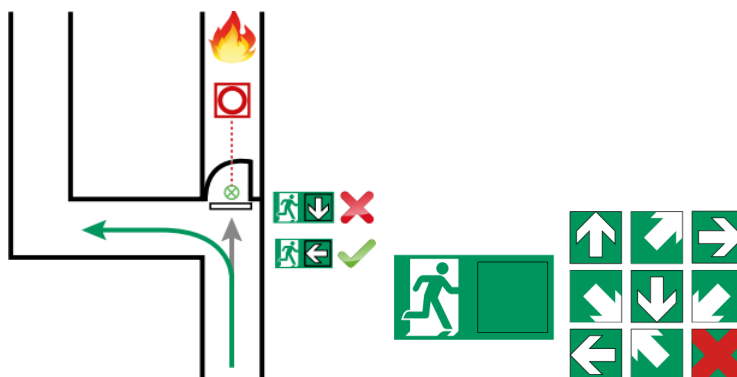


Figura 1. Ejemplo luminaria dinámica.

El objetivo de este proyecto es buscar una solución tecnológica completa que permita optimizar el tiempo de evacuación ante situaciones de emergencia, lo que se traduce en un mayor número de vidas salvadas. La diferencia de este proyecto con respecto a lo poco existente en el mercado es disponer de un algoritmo adaptativo que calcula las rutas de evacuación seguras en tiempo real, manteniendo un balanceado flujo de gente de cada planta o zona, evitando la acumulación de la misma en los puntos clave. La combinación de este algoritmo en conjunto con los diferentes sistemas integrados, como pueden ser sensores, que detecten eventos de interés y un sistema de navegación para guiar a los evacuados hace de esta solución óptima para la gestión de evacuación de edificios de gran capacidad.

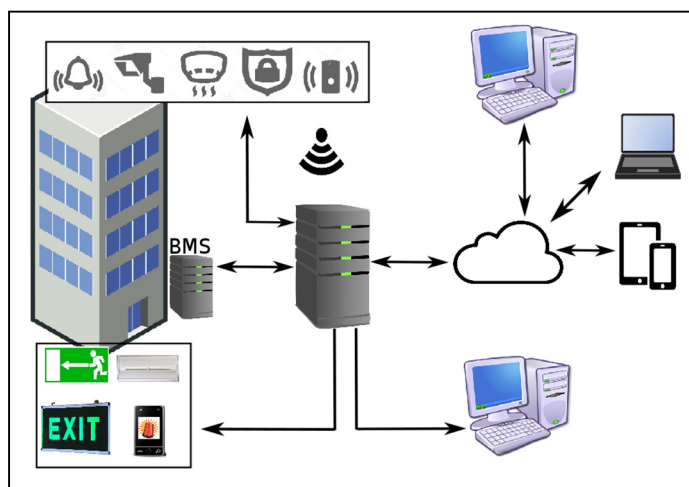


Figura 2. Arquitectura del sistema.

Por tanto, este proyecto tiene como objetivo dar un servicio de control inteligente e incluso remoto del edificio que facilita, optimiza y controla la evacuación del mismo ante cualquier emergencia, sea incendio, ataque terrorista o cualquier otro evento con riesgo de pérdida de vidas humanas. Para ello, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Optimizar la evacuación de las personas de los edificios, disminuyendo la posibilidad de daño para dichas personas.
- Reducir en un 90% el tiempo de decisión de las personas cuando existe una situación de emergencia y se deben seguir las señalizaciones de evacuación.

- Dotar de un alto valor añadido a los sistemas de seguridad mediante el empleo de nuevas tecnologías que permiten la gestión remota y en tiempo real de un sistema adaptativo de seguridad, gobernado por un software dedicado con un algoritmo inteligente que evalúa la situación de la instalación.

## DESARROLLO

Definiendo la arquitectura, podemos hablar de este sistema como el de un sistema de control distribuido el cual trabaja a través de consulta de estados de cualquier elemento de los subsistemas, pero también atendiendo a los eventos que se producen en estos, controlando en cada momento la situación del edificio.

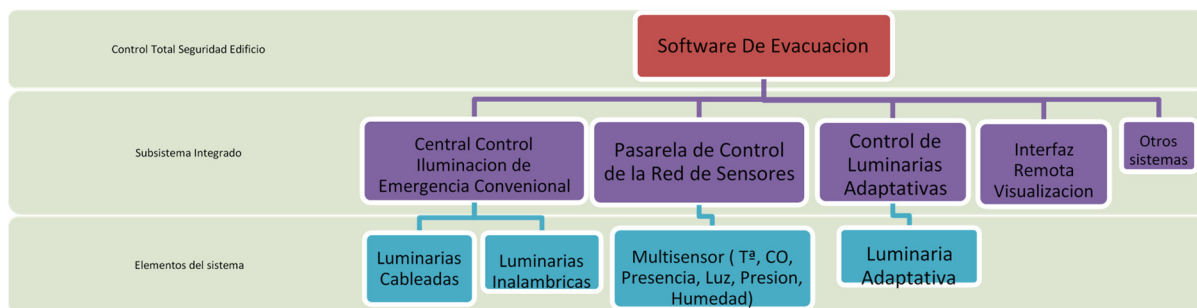


Figura 3. Arquitectura del sistema.

En un primer nivel, se dispone de un software de evacuación adaptativo, basado en el paradigma del IoT en un entorno real, obteniendo datos de todos los sistemas que están integrados al mismo. Este software posee un algoritmo que actúa en función de los eventos registrados, y evalúa de forma continua tanto el riesgo como el nivel de emergencia del edificio. Este algoritmo se basa en un modelo del edificio a partir de un grafo de conectividad (figura 4). El propio software determina los diferentes niveles de emergencia y en caso de que ésta requiera realizar una evacuación, calcula la ruta de evacuación óptima en cada momento.

En el supuesto caso de ser necesaria la evacuación, el programa informa primeramente al operador de la situación para que se contraste y confirme el estado de la misma. Si por cualquier caso, este operador no diera feedback al software, este actuaría de manera independiente y autónoma, activando el protocolo de evacuación.

Una de las ventajas de esta solución, y que la diferencia del resto de las del mercado que intentan abordar este reto, consiste en la manipulación de los elementos desde la interfaz así como también sobre las salidas de emergencia predefinidas. Esta ventaja puede ser utilizada en casos de emergencia que aún no son detectadas por el sistema o están en edificios colindantes al problema, como puede ser una emergencia en otro edificio o instalación anexa, actuando de manera más rápida y dirigiendo a las personas hacia las zonas seguras con mucha más antelación, incluso antes de detectar el problema en el propio edificio.

En este primer nivel, el software está comunicado con todos los elementos del sistema de los que se obtiene la información (sensores, luminarias clásicas de emergencia, etc.) así como con los que necesita interactuar en caso necesario (luminarias de señalización adaptativa).

Actualmente el proyecto se encuentra en fase de desarrollo, habiéndose completado la primera fase de tres que consta, y en el cual se han integrado los diferentes subsistemas que a continuación se exponen.

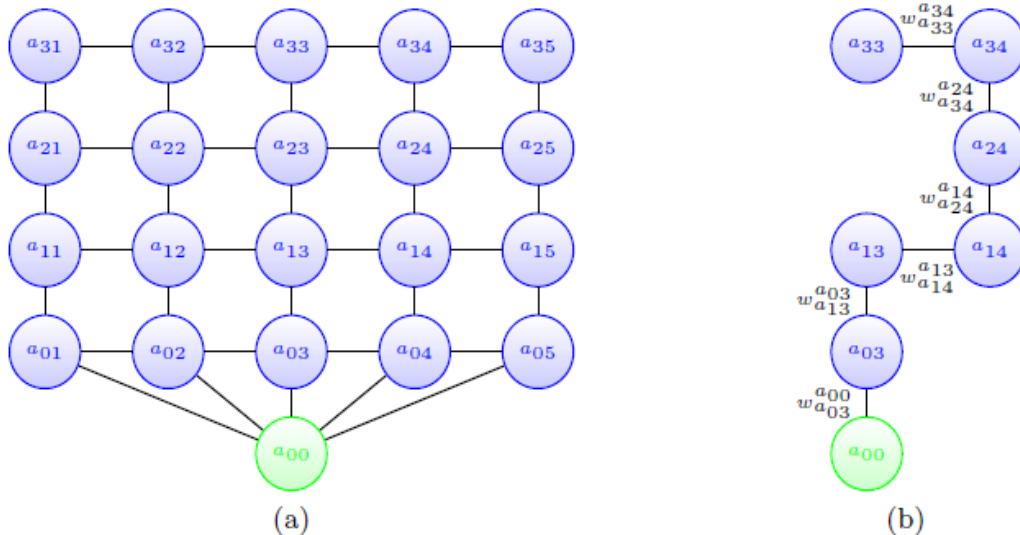


Figura 4. a) Ejemplo de grafo del algoritmo. b) Ejemplo de camino entre a33 y a00.

El primer subsistema interconectado es el de gestión y mantenimiento de la iluminación de emergencia, al cual se accede a través de una central de control que realiza la función de pasarela y que gestiona su funcionamiento autónomo. Realiza sus test tanto de baterías como de lámpara y además chequea que todo su funcionamiento sea el correcto. En caso de tener algún problema lo reporta a través de eventos al sistema.



Figura 5. Central Control de iluminación de emergencia.

Un segundo subsistema de gestión y mantenimiento de la red de multisensores que aportan la información de lo que está pasando al sistema. Estos multisensores aportan datos de la temperatura, niveles de CO, humedad, presión, nivel de iluminación y datos de flujo de personas a través de sensores de presencia, que de igual forma que el subsistema anterior, puede proporcionar bajo petición información detallada de cualquier aspecto de la instalación, pero además es capaz de enviar eventos inmediatos en el momento en el que detecta un posible problema.

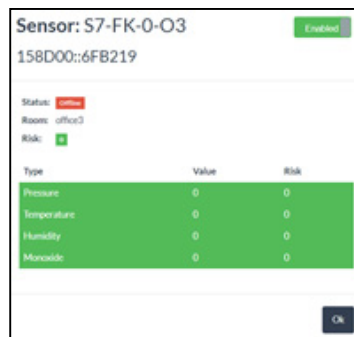


Figura 6. Información proporcionada por el multisensor.

Por último, el tercer subsistema es el de la gestión de las luminarias o paneles adaptativos, cuya función es actuar para modificar las rutas de evacuación en tiempo real. Estas luminarias, muestran el pictograma a través de una pantalla digital, y están dotadas con la electrónica de control necesaria para poder comunicarse con el sistema, poseen una configuración por defecto como una luminaria común, y a través de comunicaciones inalámbricas son capaces de modificar su imagen tantas veces como sea necesario.

Como se ha descrito anteriormente, la ventaja de esta solución es que se plantea como un servicio con capacidad de integración con cualquier otro sistema, tanto de elementos de captura de datos como de elementos activos para modificar las rutas de evacuación o de elementos informadores de la emergencia.

A corto plazo se contempla la incorporación o integración de algún sistema contra incendios y de cámaras de videovigilancia, e incluso de poder interactuar vía móvil a través de sms, correos o quizás de una app dedicada para las personas que albergan estos grandes edificios, y que en momentos puntuales no disponen de la información en tiempo real, y en cuyo caso cada segundo de antelación puede ser clave en una evacuación.



Figura 7. Información del panel adaptativo.



Figura 8. Sistema global de gestión de la evacuación.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como resultado y conclusión, debe destacarse que este sistema de seguridad global es un proyecto de I+D+i en fase de desarrollo, que actualmente se encuentra en fase de validación de los paneles adaptativos y los multisensores con el sistema global, lo que permitirá verificar el correcto funcionamiento del sistema en entornos reales.

La idea principal es tener un sistema abierto para integración con cualquier elemento del edificio que permita la obtención de datos en tiempo real que pueda dar la información necesaria para evaluar de manera más óptima cuál es la evacuación más rápida y óptima en caso de emergencia. En cuanto a los paneles adaptativos utilizamos comunicación punto a punto con tecnologías inalámbricas alternativas para hacer esta comunicación más robusta y fiable. Se ha presentado el proyecto en una de las ferias más importantes del sector de la iluminación en Europa y como conclusión hemos observado que no existe ningún proyecto que hable de cálculo ni evaluación de riesgos de un edificio.

En próximas fases del proyecto está contemplada la incorporación de nuevos elementos adaptativos al sistema, para complementar la luminaria actual, como pueden ser paneles informativos más simples, instalación de tiras de RGB e incluso la adopción de un sistema de alertas por audio, así como integrar cualquier otro sistema ya existente en el edificio que facilite el guiado de la evacuación y asegurar la visibilidad de la ruta de evacuación.

Para resumir, se está desarrollando un proyecto en el ámbito de los edificios inteligentes bastante atractivo con infinitas posibilidades, que actualmente se encuentra en las primeras fases pero que tiene muchos objetivos tecnológicos que aseguran la evacuación en los casos más difíciles de grandes instalaciones, con gran cantidad de gente y cuya misión principal es minimizar el tiempo de reacción, y por lo tanto el tiempo de evacuación, que implique salvar un mayor número de vidas.

## REFERENCIAS

- An Adaptive Emergency Protocol for People Evacuation in High-Rise Buildings, 2016. Computer Science Department. University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain
- UNE-EN 60598-1:2015
- UNE-EN 60598-2-22:2015



# EDIFICIOS 2030: EDIFICIOS ENERGÉTICAMENTE FLEXIBLES, CASO REAL

Álvaro Sánchez Miralles, CEO, Stemy Energy

**Resumen:** Los edificios en Europa son aproximadamente el 40% del consumo energético, producen un 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para paliar esto, la CE está desarrollando directivas como “Energy Performance of Buildings Directive”, que promueve la eficiencia energética en edificios. En este contexto, se ha creado Stemy Energy, una solución que maximiza la energía de edificios, mientras que da flexibilidad energética a la red eléctrica. Se ha probado en 5 regiones de España en edificios residenciales con ahorros del 30% y con reducción de emisiones de casi el 40%. La solución controla clima, persianas, luces, baterías, renovables, puntos de recarga, agua caliente, usando una inteligencia que tiene en cuenta los mercados eléctricos, la meteorología, las preferencias y hábitos del usuario final, el comportamiento del edificio, y la red eléctrica local (pruebas reales con Endesa 24x7).

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Edificio Inteligente, Gestión Energética Inteligente, Flexibilidad Energética, Renovables, Inteligencia Artificial

## INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

Los edificios en Europa son aproximadamente el 40% de todo el consumo energético, producen un 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para ayudar en la paliación del cambio climático, la comisión europea (CE), ha lanzado la “EUROPE 2020 STRATEGY”, cuyo objetivo es reducir el consumo energético en un 20% y reducir las emisiones un 20%. El 30 de noviembre de 2016, la Comisión propuso un paquete de medidas para que la Unión Europea se competitiva mientras la transición energética limpia está cambiando los mercados de energía global. Estas propuestas, que representan una revisión de la política energética europea global, son conocidas como el “Winter Package”. Las propuestas de la Comisión se basan en tres pilares: “putting energy efficiency first” [1], lograr un liderazgo global en energías renovables y dar un trato justo a los clientes. Con este paquete, la Comisión quiere que Europa lidere la transición energética, no solamente adaptándose a ella, sino también modernizando la economía Europea y generando puestos de trabajo y riqueza para todos los ciudadanos Europeos.

Este paquete incluye una propuesta para actualizar la directiva de edificios “Energy Performance of Buildings Directive” [2]. Una de las medidas resaltadas en la nueva propuesta de Directiva consiste en promover el uso de las tecnologías de la información y la automatización de edificios para asegurar que los edificios operan de forma eficiente

Actualmente, tanto la calefacción como el enfriamiento, y el agua caliente se estima que forman el 50% de la energía consumida en los edificios. Medidas de eficiencia energética pueden reducir las emisiones hasta dos gigatonnes (Gt) y evitar 710 millones de toneladas de petróleo equivalente (Mtoe) de energía para el año 2050. La mayor parte de las tecnologías en las que se basa esta eficiencia energética son comerciales a día de hoy, como son la solar térmica, cogeneración, bombas de calor y almacenamiento térmico.

Por tanto, el sector de los edificios se considera como un objetivo clave donde poner los esfuerzos de la eficiencia energética. Esto es especialmente relevante debido al hecho de que, como parte del mencionado paquete, la CE está revisando los objetivos 2030. Una prueba de ello es que el parlamento europeo propuso y aprobó a finales de 2017 objetivos más ambiciosos para el año 2030, donde las energías renovables deberían suministrar a un 35% de todo el consumo, lo que supone un 70% para el sector de la electricidad.

Además, Europa hace responsables a las grandes compañías para cumplir con los objetivos 2030, recomendándolas que deben hacer programas de eficiencia energética [3]. Es posible que lo que ahora son recomendaciones en un futuro sean obligaciones. En particular, la EED [4] indica que las empresas distribuidoras y los comercializadores de energía tienen que lograr un 1.5% de ahorros en energía por año, a través de la implementación de medidas de eficiencia energética. Por tanto, urge la necesidad de diseñar y transformar la manera en la que los edificios consumen energía para cumplir con los objetivos 2030. A este concepto se le denomina “Edificios 2030”. En este documento no se van a tratar los aspectos constructivos deseables de un edificio 2030, si no que se va a explicar cómo poder conseguir llegar a edificios 2030 utilizando las construcciones

existentes sin realizar ningún tipo de intervención constructiva. Tanto la rehabilitación de edificios, como una nueva forma de construir los nuevos, también es deseable y ayudaría a conseguir más fácilmente los objetivos europeos, pero no se tratará en este documento.

Las aportaciones que se hacen en este documento son: planteamiento de una solución basada en sistemas inteligentes que permite reducir las emisiones de carbono y reducir la factura de forma significativa, análisis de donde están las mayores fuentes de ahorro en energía de un edificio y análisis de como un edificio puede ayudar al sistema eléctrico español a partir de la disponibilidad de cada uno de los recursos que se encuentran en los edificios.

Este documento se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se explica la solución de eficiencia energética que se propone para lograr edificios 2030. Posteriormente se describe un piloto llevado a cabo. Finalmente, se explican los resultados obtenidos y las conclusiones del mismo.

## SOLUCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CONSEGUIR EDIFICIOS 2030

La eficiencia energética se basa en tres pilares. Lo primero es la reducción de la demanda de energía. Una vez que esta reducida, lo segundo es situar en el tiempo a la demanda en el momento adecuado para las redes. Finalmente, se debe cubrir dicha demanda con la máxima generación renovable a ser posible cerca del consumo.

La reducción de la demanda de energía se puede realizar a través de mejoras constructivas o instalando un sistema inteligente que permita aprovechar al máximo lo que se tiene. En este documento no se debaten las mejoras constructivas. Sin embargo, éstas son las que harán que el sistema inteligente de energía tenga mejores rendimientos. Por ejemplo, si una casa está bien aislada, el sistema inteligente sacará partido de la inercia de la misma para reducir la factura eléctrica.

Según se comenta en la sección 3.4 del informe [5], ver figura siguiente, el futuro de la eficiencia energética en edificios se basa en una inteligencia en la nube que usa sensores IoT que permiten percibir lo que pasa dentro de cada edificio, la electrificación de la demanda cuyo mayor protagonista son las bombas de calor para calentar el agua y el habitáculo, la instalación de generación renovable híbrida, y la involucración del usuario final. El uso eficiente de todos los recursos energéticos, incluido el vehículo eléctrico, lo garantiza una inteligencia que permite no sólo optimizar cada edificio y la factura del cliente, si no también sacar el máximo provecho y dar servicio en los mercados energía a través de la agregación de los mismos. No consiste en hacer nuevas inversiones en recursos distribuidos, baterías, etc, si no en aprovechar al máximo lo que ya se tiene en los edificios desplegando tecnologías de la información baratas y fácilmente amortizables. Solo así se podrá conseguir un mundo más sostenible.

Como se comentaba la bomba de calor es una tecnología que va a jugar un papel clave en la climatización de los edificios del futuro. Se encarga de transformar energía eléctrica en térmica, pero aprovechando la energía de la tierra (geotermia), del aire (aerotermia) o del agua. Gracias a esto último, el rendimiento del proceso (COP: Coefficient of performance) es muy elevado, llegando a obtener con facilidad 4 veces más de energía térmica por unidad de energía eléctrica (COP = 4). Actualmente las bombas de calor pueden llegar a COP cercano a 6 y se estima en el futuro pueda llegar a 10. Por tanto, es y será la tecnología más barata para climatizar y además si se combina con un consumo eléctrico renovable, se puede conseguir climatizar un edificio sin generar emisiones de carbono.

Es importante conocer un poco de mercados de energía para terminar de entender esta solución y saber cómo un edificio puede ayudar al sistema eléctrico español. Existen mercados de energía donde Red Eléctrica Española (REE) acude a solicitar servicios de ayuda para mantener la demanda igual a la generación, ya que de otra manera el sistema se colapsaría. Por tanto, cuando la demanda sube, porque por ejemplo nos ponemos a cocinar, tiene que haber un generador en algún lugar del país que aumente su generación para poder entregar la energía necesaria para poder cocinar. REE por tanto le pide a un generador que incremente la generación. Esto es sencillo cuando tratamos de generadores de gas o carbón. Pues bien, REE va a ir abriendo estos mercados desde diciembre de 2019 hasta 2021 paulatinamente a la demanda. Esto quiere decir, que cuando REE pida aumentar la generación, lo que puede suceder es que alguien decida dejar de consumir, por ejemplo, apagando un aire acondicionado. De esa manera se puede compensar la energía adicional necesaria por cocinar, con la energía que queda libre por

apagar el aire acondicionado. A este concepto se le llama flexibilidad energética de un edificio, que es la capacidad que tiene a variar su consumo cuando el sistema eléctrico español lo necesita. Como un edificio no puede ir solo a mercado, sino que en mercado hay que ir con volúmenes de energía significativos con determinadas garantías, surge el concepto de agregador de demanda, que es el agente que agrupa muchos edificios 2030 y los lleva todos juntos a mercado.

En este contexto se crea Stemy Energy [6], donde creemos que, si se les permite, los clientes optarán por optimizar su consumo de energía para reducir las emisiones de carbono en el planeta, particularmente si eso significa **grandes ahorros en sus facturas de energía**. Stemy Energy se creó con la misión de optimizar la infraestructura energética existente de cada cliente.

Nuestro equipo de expertos en energía ha pasado años desarrollando un **algoritmo de big data y con autoaprendizaje** que puede controlar el gasto de energía a nivel de edificio o como un agregador de edificios. Nuestro algoritmo se llama SPLORDER, que significa ‘*smart planning and operation of distributed energy resources*’. SPLORDER optimiza el Gasto de Capital (CAPEX) y el Gasto Operacional (OPEX) de los recursos energéticos distribuidos; aprendiendo del comportamiento del cliente, niveles de comodidad, rendimiento del edificio y mercados de energía. Además, participa en mercados que proporcionan flexibilidad a los DSO y TSO. **La solución es totalmente autónoma y abierta**, ya que clientes y terceros pueden personalizarla, presentando nuevas interfaces, dispositivos y algoritmos ad-hoc.

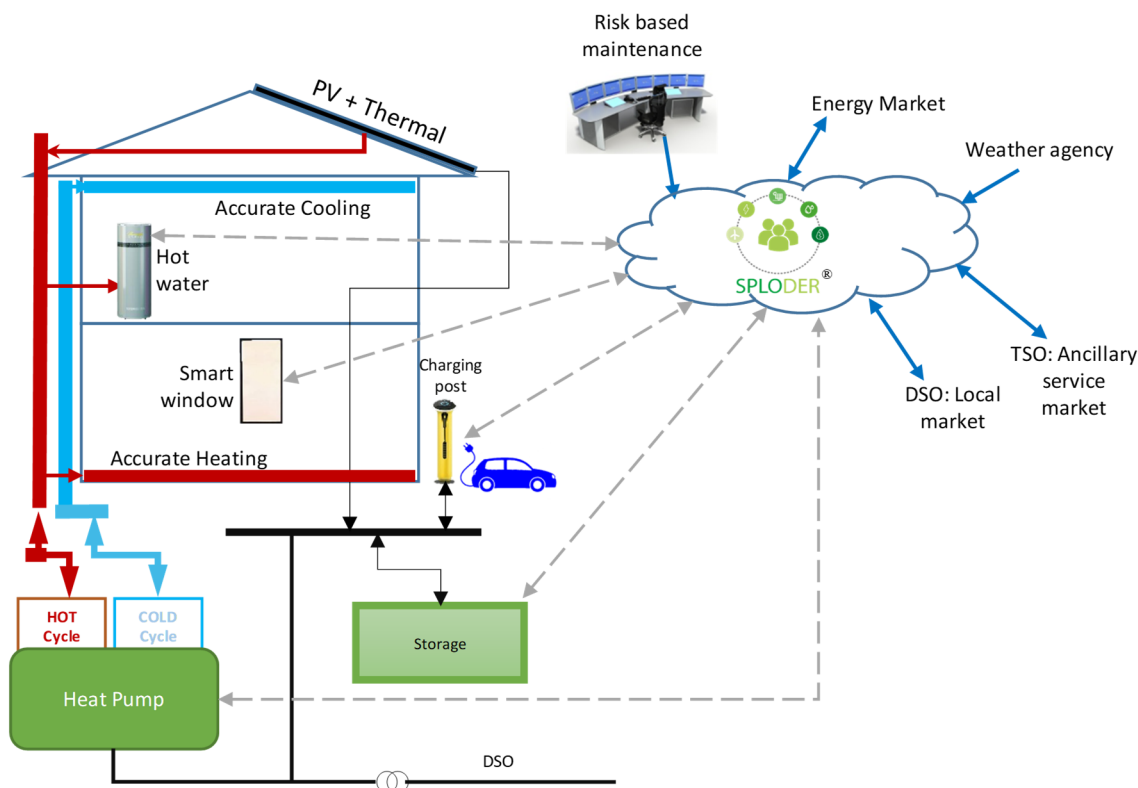


Figura 1. Edificio 2030 con Inteligencia en la nube.

Este tipo de edificios tiene que ir dotado con alguno de los siguientes sistemas:

- *Monitorización del consumo del edificio (obligatorio)*: La base para poder hacer eficiencia energética es monitorizar el consumo del edificio. Para ello se instala un sistema para monitorizar el consumo general del edificio y el consumo particular de determinados circuitos del cuadro de protecciones del edificio.

- *Control del clima:* El futuro apunta a una electrificación de la demanda. Para hacer esto es necesario sustituir cualquier caldera de gas o carbón por el mecanismo más eficiente de generar calor y frío con electricidad que es la bomba de calor. Otra alternativa más cara para electrificar la demanda es el uso de radiadores y calderas eléctricas. Es necesario instalar equipos de control de los equipos que gestionan el clima. Gracias a este control además se puede ofrecer confort al usuario del edificio.
- *Control del agua caliente:* De la misma manera que el clima, es necesario electrificarlo para poder cumplir con los objetivos de emisiones en 2030. Un factor muy relevante para la eficiencia energética del edificio es incluir la capacidad de almacenar agua caliente, que bien se puede usar para clima o para otros usos. Las bombas de calor aire-agua ya tienen esta posibilidad tanto para clima como para agua caliente. Otra alternativa más cara para calentar agua caliente es el uso de termos. De nuevo, hace falta tener un dispositivo que controle los equipos que gestionan el calentamiento del agua.
- *Control de renovables y baterías.* Este tipo de recursos vienen controlados por un inversor que permite acoplarlos a la red eléctrica del edificio. Por tanto, es necesario ser capaz de controlar el inversor para poder gestionar cuando se carga y descarga una batería, o saber cuál es la producción solar o eólica.
- *Control de persianas:* Las persianas son un recurso que permite realizar muchos ahorros en aquellas ventanas orientadas al sur, simplemente evitando o facilitando la entrada de radiación solar al edificio. Para ello algunas persianas tienen que estar automatizadas con un dispositivo de control que permita subirlas y bajarlas de forma automática. Con este control además se pueden ofrecer servicios de confort de iluminación y seguridad.
- *Control de iluminación:* Las luces son una parte importante del consumo energético de un edificio. Una gestión eficiente de las mismas puede producir ahorros sin comprometer el confort. Se pueden instalar equipos control de iluminación que permitan graduar la iluminación en función de las necesidades. Además, permite crear ambiente y por tanto dar confort al usuario.

## PRUEBAS PILOTO DE EDIFICIOS 2030

Se han hecho pruebas en 20 edificios en 5 regiones de España con distinto clima. Estos edificios son muy variados, con distintos tipos de climatización, maneras de obtener agua caliente, algunos con fotovoltaica y otro con baterías. Con esta diversidad se pueden obtener conclusiones muy ricas y de experiencia de usuario, que ayuden a montar modelos de negocio rentables en el corto plazo. En este documento solo se va a describir un piloto, y se van a comentar los resultados del mismo.



Figura 2. Equipos en casa piloto (de izda a decha y de arriba abajo): inversor, paneles solares, control de persianas, control de radiadores, control de luces, termostato, monitorización consumo en cuadro de protecciones.

Se trata de una vivienda unifamiliar, que tiene los siguientes sistemas: luces Philips hue, persianas automáticas Somfy, inversor ABB para el control de una batería de 2kWh y paneles solares de 3kwp, control de radiadores con Smart plug (Stemy), control de temperatura con termostato virtual (Stemy) y control de bomba de calor con equipos Intesis.

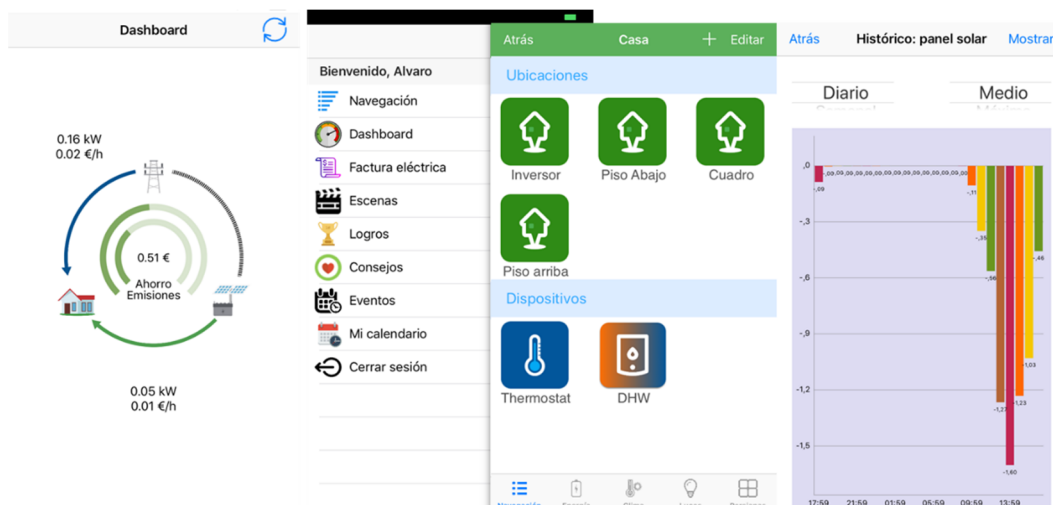


Figura 3. Diferentes capturas de la App de Stemy del edificio.

## RESULTADOS

Desde de un año de funcionamiento, se han conseguido un 28% de ahorro en la factura eléctrica, de los cuales un 10% aproximadamente no se deben a la solución instalada, si no a haber instalado paneles solares, que reducen el consumo de la red. El resto, 18% se deben a la actuación del sistema inteligente. Los ahorros se desglosan en la siguiente figura, según si una casa tiene persianas automatizadas o no. Como se puede ver, los mayores ahorros vienen dados por la reducción de la demanda, que eso es debido al ajuste del confort del usuario final. Cuanto más tolerante al confort sea el usuario final más ahorros se consiguen. El ahorro en “Peak shaving” se debe a una reducción de la potencia contratada por la reducción de picos de consumo. Es significativo el ahorro por “heating & cooling” que se debe a la realización de precalentamientos o enfriamientos de la casa para aprovechar oportunidades en mercado. Por el agua caliente se consigue un 13% del ahorro, calentando el agua con un termo en los momentos mejores de mercado. Finalmente, el ahorro “Get the most of renewables” se debe a un aumento de la producción solar, moviendo demanda hacia los momentos que hay mucho sol, evitando vertidos, y a un manejo inteligente de la batería aprovechando oportunidades de mercado.

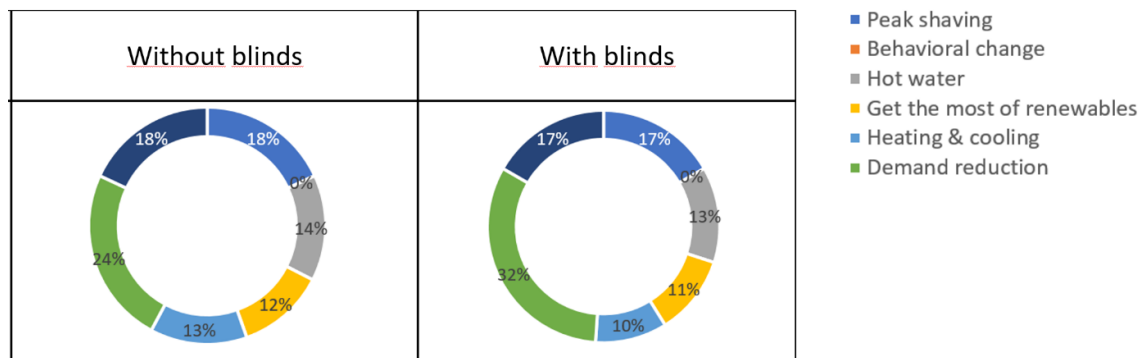


Figura 4. Reparto de ahorros: izquierda ahorros si NO se usan las persianas, a la derecha ahorros si se usan las persianas.

Por último, se muestra en la siguiente figura la disponibilidad de los distintos servicios en la casa, que se deben tener en cuenta a la hora de ir a mercados de flexibilidad. Los elementos más disponibles y, por tanto, más adecuados son las baterías y el control de la climatización. Sin embargo, tener baterías supone un coste de inversión más elevado y puede no llegar a compensar.

	Energía a subir	Energía a bajar
Agua caliente	60%	29%
Calor y frío	84%	42%
Baterías	83%	79%
Bombas	54%	10%

Tabla I. Disponibilidad de los equipos para dar flexibilidad al sistema eléctrico español.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Ponticia Comillas y especialmente al Instituto de Investigación Tecnológica por el apoyo recibido en estos demostradores, sin ellos no habría sido posible. Por último, gracias a ENDESA por su colaboración en la financiación de los pilotos y el apoyo incondicional durante estos dos últimos años.

## CONCLUSIONES

Se ha presentado y demostrado un sistema que permite que edificios actuales ayuden a conseguir los objetivos 2030, mientras produce ahorros de hasta casi un 30% en la factura de electricidad. Stemy maximiza la eficiencia energética de un edificio mientras se optimiza la **flexibilidad energética en los mercados**.

- Stemy es la simplicidad en sí mismo. Es autónomo, basado en la nube, con autoaprendizaje y totalmente compatible con todas las regulaciones de energía. Actuando como un broker energético privado para los usuarios finales.
- Es independiente del hardware y funcionará con lo ya instalado en el hogar.
- Reduce la huella de CO<sub>2</sub>.
- Es rentable, fácil de configurar y escalable fácilmente.
- Se ha demostrado en varios edificios en 5 regiones de España.

## REFERENCIAS

- Energy efficiency first. [https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/smart-finance-smart-buildings-investment-facility\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/smart-finance-smart-buildings-investment-facility_en.pdf)
- Energy Performance of Buildings directive. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- European directive 2014/91/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0091>.
- Energy Efficiency Directive (EED). <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>.
- Utility of the future report. <http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Utility-of-the-Future-Full-Report.pdf>.
- Stemy Energy. [www.stemyenergy.com](http://www.stemyenergy.com).

# CIBERSEGURIDAD ABSOLUTA, TAMBIÉN PARA EL CONTROL Y LA AUTOMATIZACIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS

Michael Sartor, Secretario Técnico, Asociación KNX España

**Resumen:** Los sistemas HBES manejan hoy en día datos y parámetros confidenciales, como p.ej. el código para activar o desactivar una alarma. Teniendo en cuenta, además, que la comunicación a través de internet o Wifi es hoy por hoy una práctica habitual, la vulnerabilidad de los sistemas HBES es un factor a considerar. Para impedir el acceso no autorizado a un sistema HBES, KNX ha ampliado su protocolo de comunicación con el sistema "KNX Secure", que permite encriptar los telegramas parcialmente (en instalaciones sin conexión externa) o en su totalidad (con comunicación vía IP). De esta forma, ningún intruso puede acceder o manipular una instalación basada en el estándar mundial KNX. Este artículo presenta 4 casos prácticos y reales que demuestran la efectividad del "KNX Secure".

**Palabras clave:** KNX, SmartHome, SmartBuilding, Seguridad, Hacker, Ciberseguridad

## INTRODUCCIÓN

La ciberseguridad es un tema de máxima actualidad en muchas facetas de nuestra vida: transacciones bancarias, compras por internet y datos personales en redes sociales son sólo unos pocos ejemplos donde damos por hecho que la información manejada está protegida contra cualquier intruso. La reciente polémica en Facebook nos demuestra que, lamentablemente, no siempre es así. Teóricamente, cualquier sistema que usa un sistema de comunicación, sea cableado o inalámbrico, podría ser atacado por un hacker. Por lo tanto, un sistema de control y automatización de viviendas y edificios también, sobre todo si hay una comunicación hacia el exterior, por ejemplo, vía internet.

Pero pongamos los pies en el suelo: donde algunos ya ven un hacker sentado en el tejado de su casa para manipular la estación meteorológica y tener acceso así al bus de comunicación, otros prefieren simplemente ignorar la problemática. ¡Pues ni lo uno, ni lo otro! Hay millones de instalaciones HBES que funcionan con toda la seguridad necesaria, sobre todo si se han tomado las medidas recomendadas por los fabricantes o proveedores del sistema. No obstante, hay algunas instalaciones donde el riesgo de sufrir un ataque informático es mayor. Ello puede ser, por ejemplo, en instalaciones con una alta fluctuación de visitantes (ejemplo: hoteles), en edificios donde se han integrado sistemas de alarmas y controles de acceso (ejemplo: oficinas), o en instalaciones donde hay un alto tráfico de datos vía internet.

Para estos casos, KNX ha ampliado su protocolo de comunicación con el sistema "KNX Secure". Este sistema permite encriptar los telegramas parcialmente (sólo los datos útiles) si se trata de instalaciones sin conexión externa, o en su totalidad si hay una comunicación vía IP. De esta forma, un hacker, aunque tuviese acceso al bus, ni puede leer la información transmitida (al no conocer el código de encriptación), ni puede enviar telegramas manipulados al bus (dado que los dispositivos no reconocen el telegrama como información válida).

## KNX Data Secure

En aquellas instalaciones donde se requiere "sólo" una seguridad dentro de la propia instalación, se pueden instalar dispositivos KNX con la funcionalidad KNX Data Secure. El dispositivo emisor encripta el telegrama KNX parcialmente, lo envía a través del bus, y el dispositivo receptor lo desencripta. Con ello se consigue una comunicación segura entre todos los dispositivos con la funcionalidad KNX Data Secure.

Dispositivos con y sin esa funcionalidad pueden convivir sin problema alguno en una misma instalación. Para que ello sea posible se encriptan en esta modalidad sólo los datos útiles del telegrama, mientras que el resto de la información (sobre todo el ID del emisor y receptor(es)) queda abierta.

## KNX IP Secure

En aquellos proyectos donde hay que enviar telegramas KNX a través de internet es posible instalar acopladores con la funcionalidad KNX IP Secure. En este caso, dado que la comunicación es entre acoplador emisor y acoplador receptor, no es necesario dejar los IDs de los dispositivos individuales abiertos. Dicho de otra forma, en esta

modalidad, el telegrama que viaja a través de internet es encriptado en su totalidad, lo que impide que una persona no autorizada pueda leer el contenido del telegrama, pero tampoco inyectar un telegrama malintencionado dado que el receptor lo rechazaría.

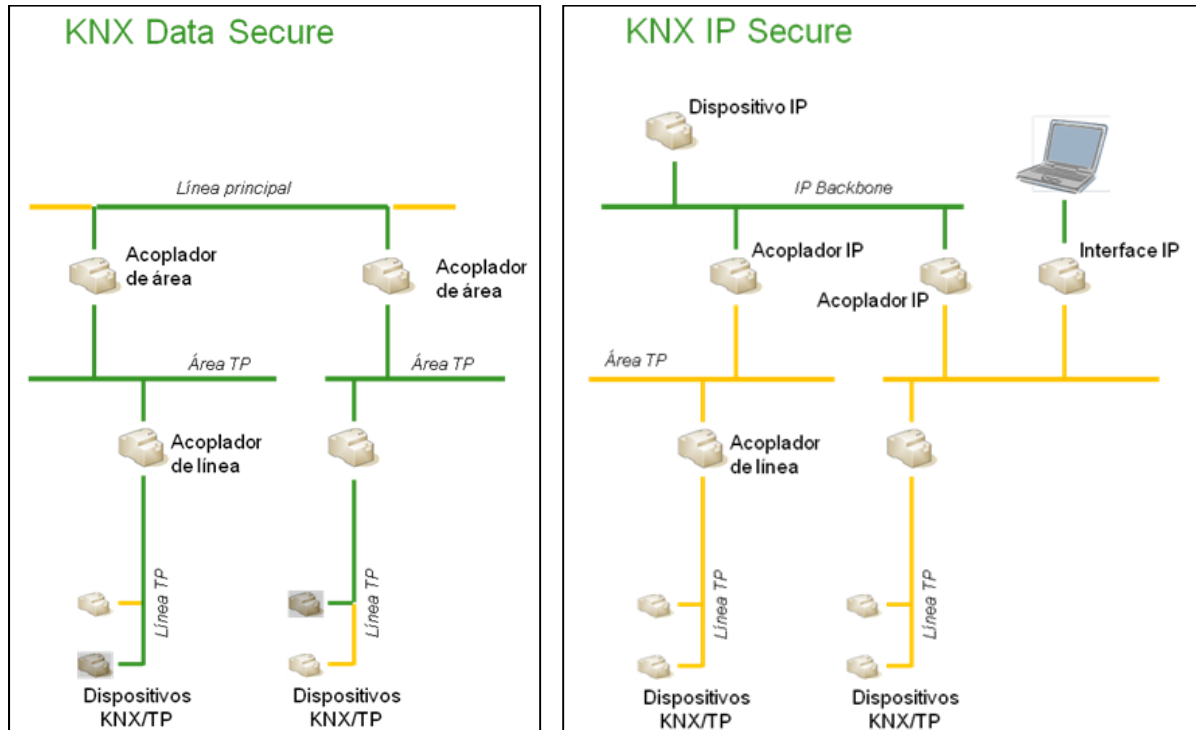


Figura 1. Los conceptos KNX Data Secure y KNX IP Secure (comunicación segura en verde).

## Algoritmo de encriptación

En una instalación KNX pueden convivir KNX Data Secure y KNX IP Secure en paralelo, consiguiendo así una comunicación segura no sólo dentro de la instalación, sino también a través de internet.

Para ambas modalidades, KNX usa el algoritmo de encriptación AES128 según el estándar ISO/IEC 18033-3, usado por ejemplo por bancos para sus transacciones financieras. Se trata de una clave con una longitud de 128 bit, y para la encriptación se usan varios métodos: sustitución de bytes, cambio de filas, mezcla de columnas, AddRoundKey, etc.

## EJEMPLOS PRÁCTICOS

Los 4 ejemplos que se exponen a continuación son casos reales, funcionando a plena satisfacción de los usuarios. Los detalles técnicos de su realización y los dispositivos KNX Secure concretos usados en cada proyecto, se pueden consultar en los siguientes enlaces:

- [https://www.knx.org/media/knx-journal/2018/KNX-Journal-1-2018\\_en.pdf](https://www.knx.org/media/knx-journal/2018/KNX-Journal-1-2018_en.pdf) (versión en inglés)
- [https://www.knx.org/media/knx-journal/2018/KNX-Journal-1-2018\\_de.pdf](https://www.knx.org/media/knx-journal/2018/KNX-Journal-1-2018_de.pdf) (versión en alemán)



## Integración segura del Smart Metering

### Problemática

Los datos relativos al consumo de gas, agua y luz son confidenciales y deben ser protegidos ante terceros no autorizados. La sensibilidad de dichos datos radica en que permiten hacer conclusiones sobre el comportamiento de los usuarios, así como su presencia o no en la vivienda.

### Solución

Se usa una comunicación KNX IP Secure para el backbone IP Ethernet. En el ejemplo de la figura 2 se muestran tres líneas TP para los diversos contadores (gas, agua y electricidad), cada uno con un interfaz KNX. Estas líneas están conectadas mediante enrutadores KNX IP Secure a la infraestructura pública de comunicación (Smart Grid).

### Ventaja

Hasta ahora, los datos de consumo se tenían que transmitir usando métodos complejos y compatibles con cada uno de los proveedores de servicios (gas, agua, luz). Con KNX Secure, ahora es posible transmitir información sensible sobre consumos de forma sencilla y segura.

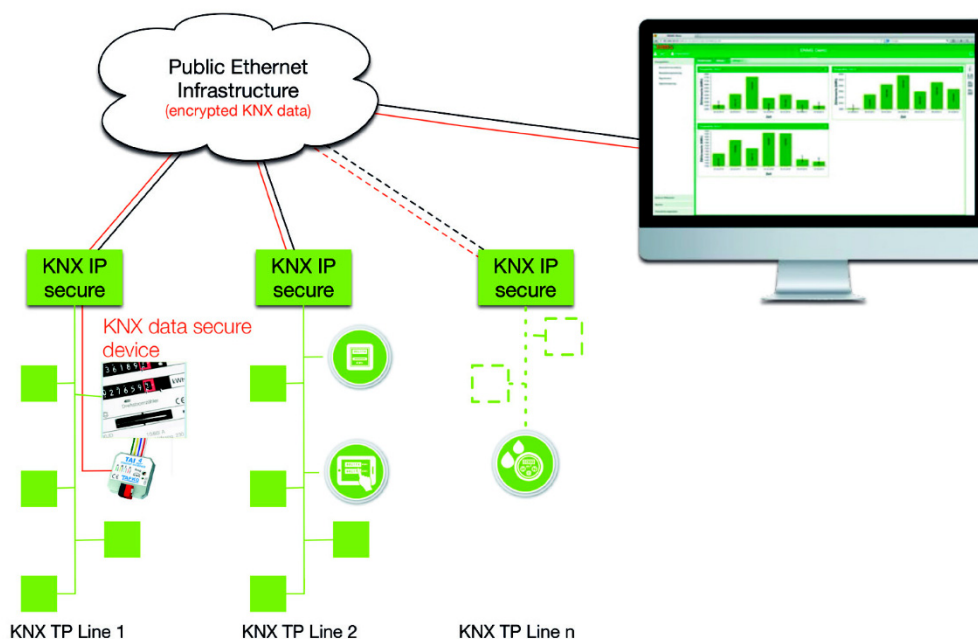


Figura 2. Smart Metering en una aplicación KNX: los datos de consumo están protegidos contra acceso no autorizado.

## Stop a los hackers en hoteles

### Problemática

En hoteles se pueden encontrar 'personajes' muy curiosos, por ejemplo, aquellos que presumen haber vulnerado el sistema de control de su habitación o incluso parte del hotel. Con KNX lo tendrán muy difícil, dado que una instalación KNX ejecutada teniendo en cuenta las recomendaciones de seguridad de KNX lo impiden. No obstante, los ataques cibernéticos son cada vez más sofisticados. La respuesta a KNX se llama KNX Secure.

**Solución**

Usar entradas binarias para teclas convencionales (luces, persianas, etc.) es un método muy simple para impedir que intrusos tengan acceso al bus de comunicación. Pero no todos los dispositivos se pueden proteger de esta forma. KNX Secure ofrece ahora métodos muy sofisticados y a prueba de balas contra hackers. La figura 3 muestra un ejemplo de un control de una habitación de un hotel, donde las funciones de la propia habitación están conectadas a una línea TP propia. Los acopladores de línea están programados mediante ETS y el concepto KNX Data Secure. La comunicación a través de la línea principal (backbone) se realiza mediante enrutadores KNX IP Secure.

**Ventaja**

KNX IP Secure es una alternativa efectiva y económica para proteger la comunicación de un sistema de control y automatización en edificios. Incluso se pueden actualizar instalaciones existentes sin grandes cambios en el cableado. La herramienta ETS facilita la parametrización de los dispositivos KNX Secure.

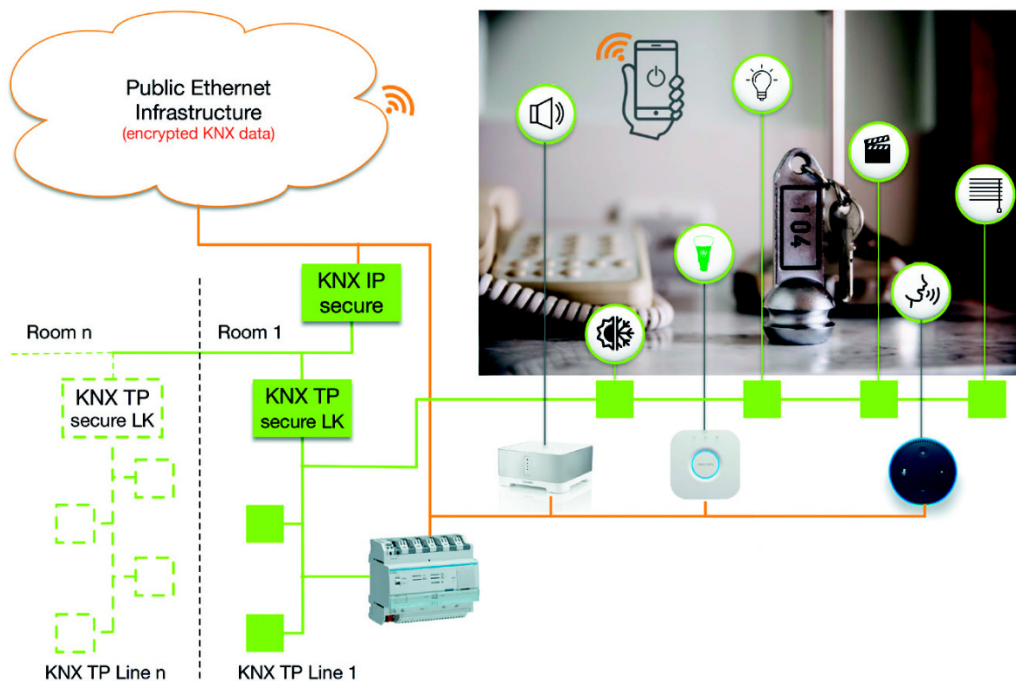


Figura 3. Con acopladores KNX Data Secure y enrutadores KNX IP Secure, los hackers no tienen ninguna posibilidad.

**Recargar el VE, con toda seguridad****Problemática**

Con la creciente demanda de una movilidad eléctrica es también necesario integrar las estaciones de recarga de los vehículos eléctricos en una instalación KNX. En un bloque de viviendas, por ejemplo, estas estaciones se encuentran habitualmente en el parking comunitario del edificio, es decir, normalmente con poca vigilancia, y por lo tanto una ocasión excelente para los piratas informáticos.

**Solución**

No hace falta decir que se deben tomar todas las medidas necesarias para que ningún intruso tenga acceso físico al bus de comunicación. Pero aún así, y sobre todo si la comunicación se realiza por IP, es prudente establecer una seguridad adicional. En este ejemplo, realizado en un proyecto real, se han conectado todas las estaciones de

recarga a una línea TP mediante dispositivos KNX Data Secure, lo que impide que un hacker pueda leer o manipular los datos emitidos o enviados por/a las estaciones. Además, esa línea TP está conectada a través de un enrutador KNX IP Secure al resto de la instalación, consiguiendo así una comunicación totalmente asegurada.

### **Ventaja**

El concepto KNX Secure permite integrar de forma sencilla, eficaz y económica las estaciones de recarga, sea en recintos privados, públicos o semi-públicos. El estado de cada una de las estaciones se puede visualizar de forma individual en cada vivienda correspondiente, sin que ningún tercero tenga acceso a la información.



*Figura 4. KNX Secure permite integrar todas las aplicaciones de una vivienda o edificio, de forma sencilla y económica.*

## **Almacenamiento de energía**

### **Problemática**

Alrededor del 40% de la energía se consume en viviendas y edificios. El ahorro energético y la eficiencia energética son indispensables. Cualquier método para conseguir ese objetivo es importante. Uno de esos métodos es el almacenamiento de la energía cuando la demanda es baja, o cuando las compañías suministradoras la ofrecen con tarifas reducidas. Para ello, los elementos de almacenamiento, habitualmente baterías, deben recibir información tanto información 'interna' de la propia instalación, así como 'externa' a través de las redes inteligentes (Smart Grid). Ello podría ser una puerta de entrada para hackers.

### **Solución**

El control y automatización del edificio se realiza con una instalación KNX, usando dispositivos normales para las funciones que no representan ningún riesgo (encender/apagar luces, subir bajar persianas, detectores de presencia en el interior, etc.). Aquellas funciones que manejan datos sensibles, por ejemplo, los códigos de encendido/apagado de alarmas, usan dispositivos KNX Data Secure. Toda la comunicación que está relacionada con el control de las baterías se realiza mediante una línea TP propia, que está conectada al resto de la instalación mediante un enrutador KNX IP Secure.

### **Ventaja**

Con esta constelación se consigue una transmisión segura, incluso a través de las redes inteligentes. Ningún intruso puede leer los telegramas transmitidos ni inyectar telegramas malintencionados.

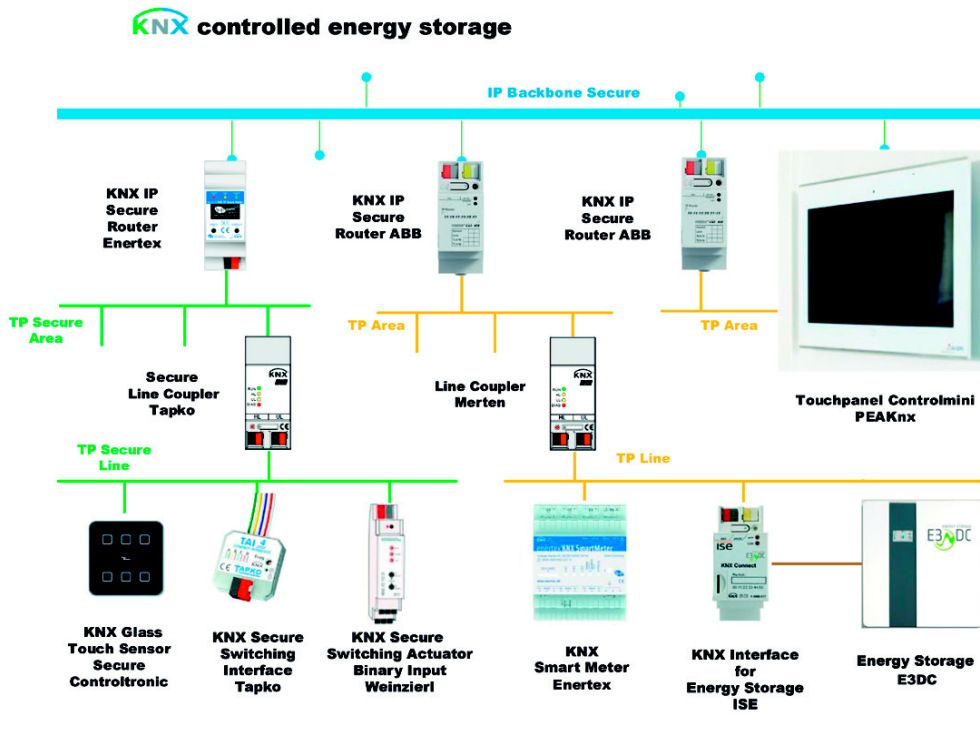


Figura 5. Gestión energética sin intrusos: uso eficiente y seguro de la energía.

## CONCLUSIÓN

Los piratas informáticos usan herramientas y métodos cada vez más sofisticados para acceder a información y datos. El mal uso de esa información es, lamentablemente, un problema del cual ningún sistema basado en buses de comunicación escapa. Por ello, KNX ofrece la posibilidad de aumentar la seguridad de sus instalaciones hasta tal punto que ningún hacker puede leer o manipular los telegramas que se transmiten a través del bus de comunicación, sea cableado o inalámbrico, incluso si es por internet.

Los integradores KNX especializados pueden orientar cuándo y qué medidas son necesarias para cada proyecto.

# ARENAS BARCELONA: GUIADO EN INTERIORES PARA LA AUTONOMÍA DE MOVIMIENTO DE PERSONAS CIEGAS O CON BAJA VISIÓN

**Jesica Rivero**, R&D Manager, ILUNION Tecnología y Accesibilidad

**Roberto Torena**, Digital Experience, Innovation & Creativity Director, ILUNION Tecnología y Accesibilidad

**Resumen:** En todo el mundo, 285 millones de personas tienen problemas de visión (VI). Uno de sus mayores desafíos es poder moverse de forma autónoma. Una investigación llevada a cabo en UK reveló que casi la mitad de las personas con VI desea abandonar su casa con más frecuencia. En respuesta a esto, hemos desarrollado un sistema de posicionamiento en interiores basado en balizas bluetooth que tiene por objetivo localizar a la persona dentro de un edificio y guiarle desde dónde se encuentra al destino deseado. Actualmente, se está implantando en el centro comercial Arenas de Barcelona. De los resultados de los pilotos con usuarios se ha extraído que muchos de ellos se sentirían capacitados para moverse solos por Arenas con el sistema desarrollado.

**Palabras clave:** Guiado, Accesibilidad, Autonomía Personal, Edificios Públicos, Personas Ciegas, Personas con Baja Visión

## INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, 285 millones de personas tienen problemas de visión. Uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan es no poder navegar de forma independiente por el entorno que les rodea, y mucho menos por lugares fuera de dicho entorno. Los lugares que las personas sin discapacidad visual atraviesan sin pensar, como una estación de metro o un centro comercial, son lugares a temer y evitar por una persona con algún tipo de discapacidad visual. Una investigación llevada a cabo en el Reino Unido reveló que casi la mitad de las personas con problemas de visión desea abandonar su hogar con más frecuencia.

Esto tiene profundas consecuencias para las personas con discapacidad visual, creando pobreza, aislamiento y depresión. Para muchos, no poder viajar significa no poder trabajar. En el Reino Unido, por ejemplo, dos de cada tres personas con discapacidad visual no tienen un empleo remunerado.

Con el fin de resolver este problema, ILUNION Tecnología y Accesibilidad está trabajando en un proyecto de guiado en interiores dentro del centro comercial Arenas de Barcelona que permitirá, tras su finalización, el que cualquier persona que acuda al centro pueda moverse dentro de él de manera autónoma independientemente de sus necesidades y preferencias.

La forma de conseguirlo es mediante la instalación de balizas con tecnología Bluetooth Low-Energy que, tras la aplicación de una serie de algoritmos desarrollados por ILUNION Tecnología y Accesibilidad, permiten localizar en todo momento al usuario en su deambulación por el centro comercial. Esta localización será la empleada para ubicarle dentro de los caminos a seguir para alcanzar los diferentes destinos deseados, y para darle instrucciones puntuales para que lo haga de la manera más rápida y eficiente posible.

Además de la labor de creación de algoritmos para localizar correctamente a una persona dentro del centro comercial, se ha tenido en cuenta la forma de dar las instrucciones de guiado paso a paso propuestas por Wayfindr. Esta organización está trabajando en la creación de un standard abierto (*ITU-T Recommendation F.921: Audio-based network navigation system for persons with vision impairment*) que tiene por objetivo establecer cómo se deben dar las instrucciones en un guiado en interiores para que un usuario ciego sea capaz de entenderlas. Esto convierte a la solución creada, en una solución válida para usuarios con ceguera, siendo la primera solución comercial que incorpora dicho standard.

## HELPO: GUIADO EN EL CENTRO COMERCIAL ARENAS

En 2016, ILUNION Tecnología y Accesibilidad, gracias al convenio establecido entre Fundación ONCE, Fundación Vodafone España y Fundación TMB, desarrolló un piloto de guiado en interiores en el metro de Barcelona que

proporcionaba una serie de instrucciones en tiempo real que debía seguir un usuario para alcanzar el destino deseado.

Gracias a los buenos resultados obtenidos en dicho piloto, se empezó a trabajar en colaboración con Wayfindr en la creación de una aplicación móvil que hiciese uso de unos algoritmos más genéricos y exportables a cualquier teléfono móvil –iOS y Android-, y que hicieran uso del standard bajo desarrollo de dicha organización para garantizar que las instrucciones aportadas al usuario fueran totalmente usables por personas con discapacidad visual. El desarrollo de dicha aplicación fue financiado por D-Lab, un programa de Mobile World Capital Barcelona que ofrece respuestas a retos sociales de escala y relevancia considerables.

Con el fin de crear una solución real, el proyecto se desplegó sobre el centro comercial Arenas de Barcelona, y tras el piloto se está trabajando en una segunda fase para convertir la aplicación resultante, que se encontraba en fase de prueba de concepto, a una aplicación comercial y accesible por cualquier usuario del centro. Dicha aplicación se llamará HELPO y estará disponible para iOS y Android en los próximos meses.

La solución desarrollada se puede desglosar en las siguientes etapas o partes:

- Elección de los dispositivos hardware empleados para localizar al usuario. Con el fin de garantizar una buena localización del usuario en cualquier punto del centro, se emplearon unas balizas de tecnología Bluetooth Low-Energy denominadas beepcons - colocadas en puntos estudiados previamente del centro comercial. Dicho hardware consiste en unos dispositivos pasivos que transmiten cada x segundos una trama de la que se puede extraer el nombre del dispositivo, un identificador numérico, una descripción textual, y el valor de potencia con el que llega la trama. Además, dichos dispositivos aportan una característica diferente a las otras balizas existentes en el mercado: se las puede mandar la orden de hacerlas pitar. Esta característica tiene una gran utilidad para el guiado que se explicará más adelante.
- Una imagen de la apariencia de la baliza, así como de su colocación en el centro comercial pueden verse en la Figura .



Figura 1. Imagen de una beepcon y su colocación en Arenas.

- Una vez se tuvieron las balizas a usar elegidas, y los puntos de colocación definidos, se pasó a adaptar los algoritmos de localización del usuario. Estos algoritmos toman como base los obtenidos del piloto en la estación de metro de TMB ampliándolos para considerar el cambio entre plantas, y haciéndolos más genéricos para permitir un despliegue más rápido de la solución. Tratan de simular el comportamiento de los algoritmos de posicionamiento usados en exteriores con satélites pero en interiores. Es decir, toman las balizas como satélites para decidir la posición del usuario. Como resultado de esta fase del trabajo, se obtienen unas coordenadas del usuario dentro del centro comercial.

- Además, con el fin de mejorar la precisión de la localización, se hace uso de los distintos sensores que provea el teléfono en el que se esté usando la aplicación, como son el acelerómetro, giroscopio, brújula y/o barómetro.
- Una vez conseguido localizar al usuario en el plano, se trabajó en el cálculo dinámico y en tiempo real de rutas. En cualquier momento, el usuario de la aplicación puede indicar que quiere que se le guíe desde la posición actual hasta un destino deseado (elegible del listado de servicios que ofrece el centro comercial). Además, puede indicar si desea evitar las escaleras para tener en cuenta, por ejemplo, posibles problemas de movilidad. El sistema, calcula en ese momento la mejor ruta para alcanzar el destino deseado teniendo en cuenta las necesidades aportadas por el usuario. La ruta se encuentra dividida en tramos, y el sistema indicará cada cuatro segundos la forma de recorrer de forma satisfactoria el tramo actual del camino global teniendo en cuenta la posición del usuario en ese momento. Además, el sistema es capaz de detectar movimientos erróneos del usuario para corregirlos o recalcularle la ruta en caso de haberse salido de la misma.

Un ejemplo del resultado de la aplicación puede observarse en la Figura 2, en la que se aprecia con un punto amarillo dónde se encuentra el usuario en ese momento dentro del centro comercial, con un puntero el destino elegido, y con una línea color rosa el camino a seguir para alcanzarlo.

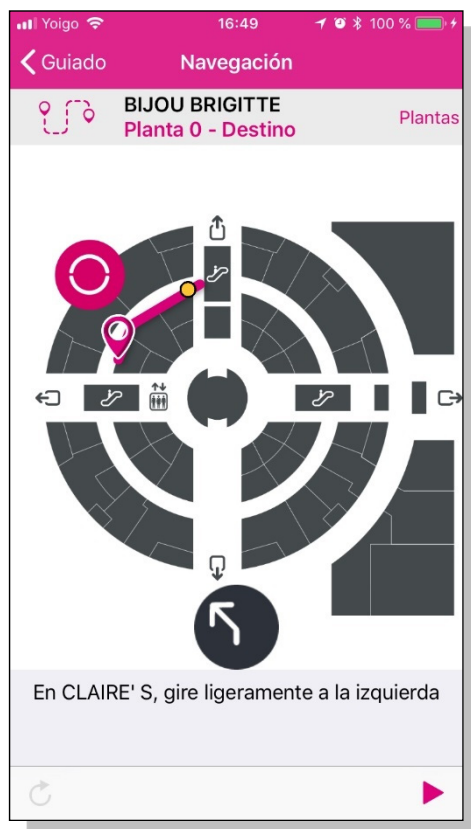


Figura 2. Captura de pantalla de la aplicación durante el guiado.

Como valor diferenciador del sistema propuesto con respecto a los existentes, es importante indicar que durante el proceso de guiado, el usuario podrá hacer pitar las balizas con el fin de ayudarle a orientarse. Es decir, en todo momento podrá hacer sonar la baliza que se encuentra más cerca del fin del tramo actual pero lo suficientemente

cerca de él como para para escucharla sin problemas. Esto resuelve problemas de que el usuario mire hacia un lado incorrecto.

Para realizar esta acción, el usuario podrá pulsar el botón destinado para ello en la pantalla (es decir, las balizas pitarán solo en caso de que el usuario lo deseé), o indicar en preferencias que se haga de manera automática cada vez que se empiece un nuevo tramo (de esta manera será el sistema el que las haga sonar sin intervención del usuario).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el correcto desarrollo de la aplicación, se siguió una metodología de desarrollo de software ágil. Dicha metodología empezó con el proyecto dentro del programa d-lab, y continúa aplicándose en la actualidad en la fase de desarrollo de producto final para Arenas. Inicialmente se llevó a cabo un estudio de las tecnologías que era necesario aplicar, así como de los requisitos que indicaba la ITU-T F.921 para dar las instrucciones del guiado.

Una vez terminado ese estudio, y recogidos todos los requisitos en el backlog del proyecto, se procedió a trabajar sobre los mismos.

Cada 15 días se mantuvieron reuniones con Wayfindr y Mobile World Capital para comprobar que estaban conformes tanto con los objetivos a alcanzar, como con los cambios que iban surgiendo en los requisitos iniciales tomados, e informar del avance con respecto a la fecha de entrega inicial.

Con cada nuevo requisito satisfecho se realizaban una serie de pruebas para asegurarse que el mismo estaba totalmente cubierto. Una vez terminado el desarrollo global, se pasó a definir la metodología del piloto (número de usuarios, rutas a probar, comportamiento de los investigadores acompañantes de los usuarios durante los tests y la definición de las preguntas que se iban a incluir en la encuesta).

Tras el análisis de los resultados obtenidos, se inició una nueva fase de mejora de errores detectados enmarcado dentro del desarrollo del producto comercial, y ya fuera del programa d-lab. En esta nueva fase se han mantenido las reuniones quincenales, pero ahora son con la dirección de Arenas Barcelona.

Junto con esto, en la fase actual del proyecto se han definido unos sprints de un mes de duración para ir mostrando a Arenas el avance realizado en el proyecto. En cada uno de estos sprints se proporciona a Arenas un aplicativo ejecutable para validar avances.

Tras la finalización del desarrollo, se prevé volver a realizar unos tests con usuarios para validar los cambios introducidos en la aplicación.

## RESULTADOS

Con el fin de observar si la aplicación desarrollada como resultado del proyecto enmarcado dentro de d-lab era útil para los usuarios del centro comercial, se llevó a cabo un piloto con usuarios reales con unos resultados satisfactorios que llevaron a Merlin Properties, propietarios del centro comercial Arenas, a invertir en la fase de llevar el resultado a un producto comercial, tal y como se comentó en el apartado "HELPO: guiado en el centro comercial arenas".

El estudio recolectó datos de cuatro rutas diseñadas para recoger la opinión del usuario mediante el uso de encuestas y de medición de fallos y vacilaciones de los participantes ciegos al caminar de forma independiente siguiendo solo las instrucciones de audio de un teléfono inteligente y de la aplicación de navegación desarrollada.

Dos asistentes presentaban a los participantes el objetivo del estudio y recopilaban los datos sin intervenir durante el seguimiento del camino por parte del usuario, con la excepción de reorientar y colocar a los participantes en la ruta cuando estos se salían de la misma.

Treinta y ocho participantes se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. El grupo consistió en un número relativamente igual de hombres (20) y mujeres (18) con edades distribuidas como se indica en la Figura



3. Había 8 usuarios de perros guía y 30 usuarios de bastón. Hubo un número relativamente igual de participantes ciegos (18) y de baja visión (20).

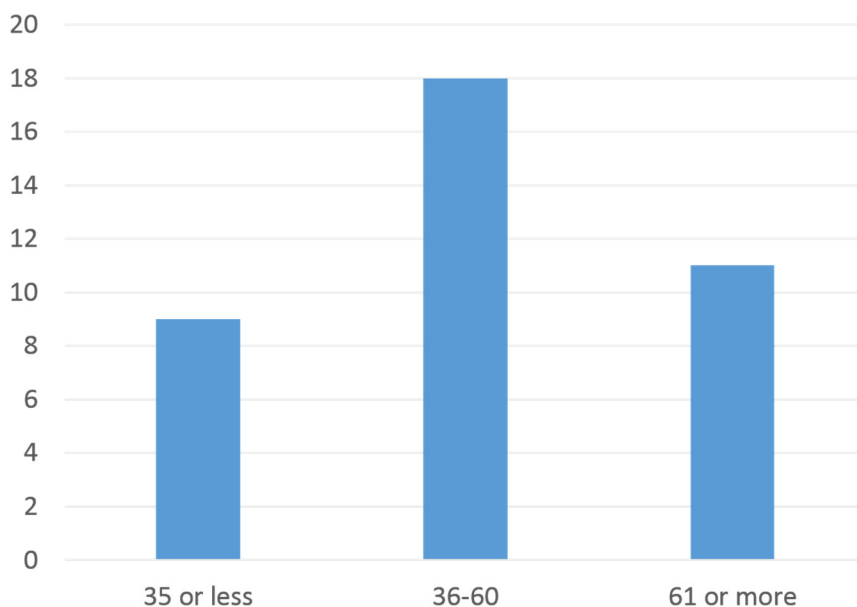


Figura 3. Distribución de usuarios por edad.

Tras el análisis de datos, surgieron dos recomendaciones que había que añadir/modificar a las recomendaciones de la ITU-T F.921.

La primera recomendación es que una distancia de notificación de 6 metros para avisar al usuario de las acciones a realizar en un determinado tramo es más útil, y resulta en menos errores, que la recomendación actual de la ITU-T F.921.

La segunda recomendación es que se deben dar notificaciones de refuerzo cada 10 metros cuando se camina por largos tramos rectos.

El piloto también recopiló datos de encuestas para proporcionar mensajes de mejor calidad en nueve escenarios y proporcionó información sobre cuestiones relacionadas con la elusión de obstáculos cuando se requieren una serie de maniobras en rápida sucesión. Los datos demuestran que los participantes cometen menos errores cuando se les da una instrucción de evitación de obstáculos al comienzo de una ruta. Además, los participantes dudaron más (32 vacilaciones) cuando escucharon una instrucción larga que cuando escucharon múltiples instrucciones cortas (17 vacilaciones).

## CONCLUSIONES

Tras el estudio del piloto, se llegó a la conclusión de que era necesario mejorar la calidad de las instrucciones largas, así como mostrar mensajes de refuerzo en caminos largos y dar la instrucción con la suficiente antelación.

Además, la satisfacción general de los usuarios fue alta. Tal y como expresaron las encuestas de satisfacción realizadas al final del estudio, más del 73% de los usuarios encontraba al sistema desarrollado en ese momento suficiente como para permitirles moverse de manera autónoma por el centro comercial.

Estos resultados animaron a Merlin Properties a invertir en el sistema, y en la actualidad se está trabajando en la fase de fin de desarrollo de la nueva versión de la aplicación. Una versión en la que se tienen en cuenta los resultados extraídos del estudio.

Además, se ha trabajado en mejorar la precisión del algoritmo. En el momento del piloto se contaba con un error de 2,5 metros, que era suficiente como para perder la posición del usuario si éste andaba rápido o estaba en un cruce.

Una vez terminado el desarrollo, y llevados a cabo nuevos tests con usuarios para probar los cambios realizados en la aplicación, se procederá a la publicación en las tiendas de aplicaciones de iOS y Android de la aplicación resultante.

## **AGRADECIMIENTOS**

ILUNION Tecnología y Accesibilidad quiere agradecer a Fundación ONCE, Fundación Vodafone España y Fundación TMB el convenio a través del cual fue posible el inicio de la investigación en el campo de la localización en interiores, y que se tomó como base para el desarrollo de las aplicaciones posteriores.

También queremos agradecer al programa d-lab, de Mobile World Capital Barcelona, la financiación del desarrollo de la aplicación de guiado en interiores para la planta baja de Arenas, así como del piloto que ha arrojado las conclusiones necesarias para las mejoras de los algoritmos, así como a Wayfindr (líderes del proyecto que ha enmarcado dichos desarrollos y pilotos) la gran labor realizada para la creación del estándar ITU-T Recommendation F.921 y el habernos permitido trabajar con ellos dentro del piloto en Arenas.

Por último, queremos agradecer a Merlin Properties, y en especial a la dirección del Centro Comercial Arenas de Barcelona, la confianza puesta en ILUNION Tecnología y Accesibilidad para el desarrollo de la aplicación HELPO dentro de su centro comercial.

## **REFERENCIAS**

- <https://www.ilunion.com/es/comunicacion/actualidad/24042017/los-beepcons-permiten-personas-ciegas-disfrutar-del-arte> (24 de Abril de 2017).

# DISEÑANDO MOMENTOS ENCANTADOS: LA DIGITALIZACIÓN DE ESPACIOS

**Alfred Batet**, Corporate Digital Strategic Business Manager, Grupo Simon

**Resumen:** La aparición de nuevas propuestas digitales, la introducción de nuevos códigos de interacción, su rápida normalización. Nos sitúa ante un gran reto: La evolución hacia un escenario futuro de hiperconexión. Hablaremos de tendencias sociales, tecnológicas, etc. Y como estas crean nuevas conductas y de relación, tanto en entorno más personal como en el profesional generando y apareciendo nuevas experiencias digitales. Los espacios más que nunca, se vuelven líquidos ofreciéndonos un sinfín de nuevas posibilidades. La digitalización propone dotar a los espacios de una nueva dimensión y una gran oportunidad para la gestión y mantenimiento de edificios que, sin duda, transformará su papel como nunca lo habíamos imaginado.

**Palabras clave:** Digitalización, Espacios Líquidos, Economía Colaborativa, Ergonomics, Edificios Inteligentes, Responsive Environments, Coworking, IOT, AI, Cloud Computing

## INTRODUCCIÓN

Hasta ahora los espacios son perfectos como agentes pasivos de nuestro confort. Están ahí para darnos cobijo, para ofrecernos un lugar de descanso, un sitio donde disfrutar de nuestra intimidad, donde relacionarnos, trabajar, etc.

La necesidad de entornos que se adapten a nuestro estilo de vida. Negocios, independientemente de su sector impactados por esta espiral de dinamismo tecnológico imparable, en la búsqueda de creación de nuevas propuestas de valor, hacen que los individuos demanden productos tecnológicos para relacionarse mejor con su hábitat y/o negocio.

Fruto de esta evolución tecnológica, surgen nuevas conductas y de relación, tanto en entorno más personal como en el profesional generando y apareciendo nuevos escenarios que diluyen las tradicionales fronteras entre lo privado y lo público: El *“techno nomadismo”*, el impulso de nuevos modelos de consumo alternativo, la *“gig economy”* o los espacios de *coworking*. En definitiva, el contexto ocio, relax, etc., y trabajo se diluye.

Con todo esto, queremos provocar una reflexión. La digitalización propone dotar a los espacios de una nueva dimensión y representa una gran oportunidad para la gestión y mantenimiento de los edificios y hogares.

## UN MOMENTO ÚNICO

### La cuarta revolución industrial

Vivimos un momento apasionante, único. En términos industriales, es la llamada cuarta revolución.

La revolución sigue a los otros tres procesos históricos transformacionales:

El primero marcó la transición de la producción manual a la mecanización, con la introducción de la máquina de vapor.

El segundo proceso transformacional, se produjo con la llegada de la electricidad, permitiendo pasar a realizar una fabricación en masa.

Para el tercer gran impacto, tuvimos que esperar a mediados del siglo XX, con el crecimiento de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones así como de la electrónica, automatizando los procesos productivos.

Ahora, el cuarto giro constituye mucho más que la mera automatización como la entendemos hoy. Representa la evolución de sistemas interconectados con otros sistemas y éstos a su vez, con otros sistemas. La automatización se ejecuta a través de sistemas ciberfísicos.

Los sistemas ciberfísicos, que combinan la maquinaria física y tangible con los procesos digitales, son capaces de tomar decisiones descentralizadas y de cooperar entre sí y, con los seres humanos, posibilitados por el Internet de las cosas, el big data y la computación en la nube.

## Impacto en producto y servicio

Pero debemos notar un punto más ante esta nueva realidad. Quizás la más significativa: En las tres primeras “revoluciones” el producto ha sido, salvando las mejoras introducidas, el mismo. Podríamos decir que se ha conservado sus finalidades, modificándose únicamente el proceso productivo, de “manual” a “automatizado”.

En esta nueva etapa, ya no únicamente impacta en el proceso productivo, sino que además, modifica el propio producto o servicio final. Es por ello que es difícil cuantificar el impacto real en términos económicos, de esta nueva oleada digital.

Los productos y servicios físicos, ahora se pueden mejorar con capacidades digitales que aumentan su valor. Las nuevas tecnologías hacen que los activos sean más duraderos y resistentes, mientras que los datos y análisis están transformando la forma en que se explotan. Un mundo de experiencias de los clientes, servicios basados en datos y rendimiento de los activos a través de análisis.

Objetos invisibles, objetos que aprenden y evolucionan. En definitiva, el producto, más que nunca, se convierte en un servicio, en un enlace con los espacios que nos rodean y por tanto, debemos tener muy en cuenta como afectará a los modelos actuales de gestión de las infraestructuras.

## CÓMO EVOLUCIONAMOS

La tecnología, Internet en particular, han revolucionado la forma en que nos relacionamos, vivimos y trabajamos.

### Espacios interactivos

Como podemos intuir, esto tiene un impacto claro en las instalaciones de un edificio con la masiva incorporación de nuevos elementos a gestionar. Los espacios se vuelven interactivos, mediante la incorporación de elementos sensoriales como la música, proyecciones, etc. Se inunda de algún modo el espacio con una diversidad de sensores conectivos. Intensifican la experiencia del usuario y a su vez, incrementa la complejidad en la gestión y explotación de los edificios. Y esto ya está sucediendo.



Figura 1. Restaurante Sagaya, Tokyo (izquierda) y Sala de partos Hospital La Maternitat de Barcelona (derecha). Fuente: Internet y propia.

Con una penetración incipiente en los diferentes segmentos de mercado como el retail, restauración, hospitalario, hotelero etc. Se trata de ofrecer mucho más que un producto, producto que tiende a la comoditización y por tanto se buscan vías de innovación para potenciar el valor diferencial. Bien sea por ejemplo, para mejorar la experiencia del cliente en una cena, reducir los niveles de estrés en una hospitalización u ofrecer nuevos servicios relacionados con la ciudad por parte del hotelero.

## Nueva realidad, nuevo contexto

Creamos y participamos en comunidades, foros, compartimos, accedemos a la información en tiempo real, etc. No podríamos vivir sin esa información. La necesitamos. Aquí y ahora.

Esto tiene un impacto en nuestras relaciones, modelando nuestras actitudes y comportamientos de todos nosotros a pasos vertiginosos. Ya no entendemos otra forma de hacerlo.

Nótese a modo de ejemplo, las diferencias de tiempo entre tecnologías que cada “revolución” introduce, suceden cada vez más, de una forma mucho más rápida y agresiva en nuestra sociedad.

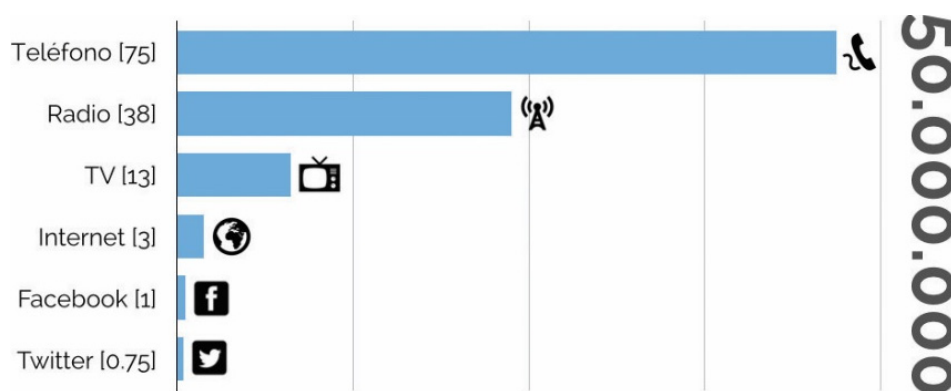


Figura 2. Tiempo en años por tecnología, en impactar a 50M de usuarios. Fuente: Wikipedia. Gráfica CREDIA.

### Nuevos códigos

La digitalización, nos está ayudando a alcanzar nuestros objetivos aportando conveniencia en nuestro día a día. Aquí es importante notar, en términos de interacción con los espacios, como a medida que avanza la tecnología, aparecen nuevos códigos de interacción. Nuevos lenguajes. Y sin darnos apenas cuenta, los vamos normalizando.

La facilidad y la rapidez de normalización de estos nuevos códigos son y serán cada vez de mayor importancia. Y es importante dado que, si la tecnología implementada no es realmente usable, sencilla de entender y que el usuario perciba el valor real que le está aportando, puede provocar un efecto inverso.

No se trata de implementar la última tecnología por tecnología, sino de simplificar y mejorar la vida a las personas. Por ello ante un escenario de hiperconexión, será vital entender como evoluciona esa interacción con las instalaciones, y cómo de rápido las normalizamos para que sea realmente un éxito.

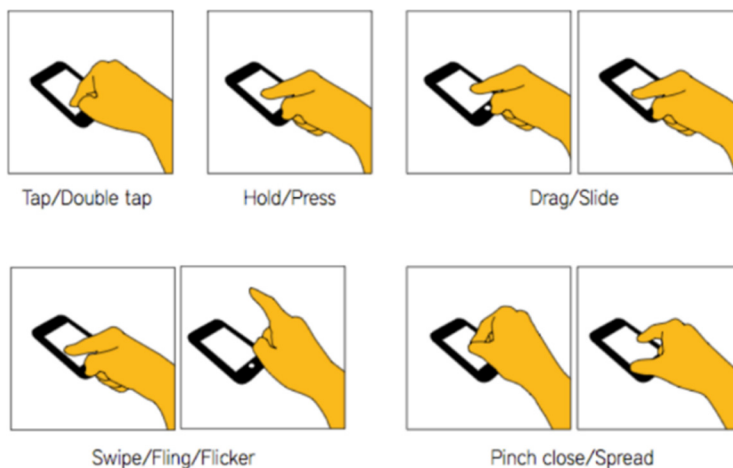


Figura 3. Nuevos códigos de interacción. Caso teléfono inteligente. Fuente: Curious Rituals.

### **Techno nomadismo y los espacios líquidos**

Normalizamos nuevos códigos. Rompemos las “barreras” entre casa, trabajo y ciudad.

La evolución tecnológica nos ha trasladado de, “estar dentro del ordenador”, a estar sentado en frente de él, hasta llevarlo a cuevas... Y esto gracias a la miniaturización de los componentes, su exponencial crecimiento de computación y a la conectividad ubicua. ¿Cuál será el siguiente paso?

Compartimos fotos personales de nuestro hogar, desde la playa. Ya no necesitamos presentarnos al banco para realizar gestiones, podemos seguir trabajando en el bar de la esquina mientras tomamos un café o, realizamos una fiesta en el parque del barrio. La realidad es que las fronteras entre espacios, así como los conceptos de intimidad y trabajo, se diluyen. ¿Cómo nos afecta a nivel de gestión?



Figura 4. Evolución tecnológica vs movilidad. Fuente: Internet.

## **NUEVAS FORMAS DE TRABAJO**

### **Economía colaborativa: Gignomics y espacios de cotrabajo (Coworking)**

Quizás el principal impacto de la digitalización en las últimas décadas, es que ha creado una fuerza de trabajo cada vez más móvil en todo el mundo. Junto un cambio correspondiente en la cultura del trabajo, han causado que las estructuras organizativas y por consiguiente el concepto trabajo, también esté evolucionando.

A la mayor tendencia de las empresas a contratar trabajadores independientes, para una tarea o proyecto concreto y a corto plazo sumado, a la irrupción de las nuevas generaciones (Generación Milenio) caracterizada por la búsqueda de modelos de trabajo mucho más flexibles, más acorde a sus valores, estilo de vida y, que apenas



# EDIFICIOS INTELIGENTES COMO NODOS IOT DENTRO DEL TEJIDO URBANO

**Tomás Llorente**, Coordinador del área de Nuevas Tecnologías, Ayuntamiento de Collado Villalba

**Resumen:** Se desarrolla en esta comunicación sobre cómo la tecnología IoT puede ayudar a identificar la "personalidad" edificatoria de una ciudad al tener capacidad de analizar las acciones que tienen lugar entre edificios, personas, elementos de mobiliario urbano. Este nivel de análisis antes no era posible porque la información estaba estructurada en elementos de mayor envergadura como redes de suministro, grandes infraestructuras, etc. Se estudia como caso práctico analizar el impacto del concurso "Piloto Edificios Inteligentes" de red.es y cómo esa iniciativa puede suponer un primer paso para el análisis sistemático y el estudio detallado de cómo inciden las acciones cotidianas que ocurren en los edificios con respecto al conjunto de la ciudad.

**Palabras clave:** Edificio Inteligente, Smart Building, IoT, Smart City

## INTRODUCCIÓN

Esta iniciativa de sistematizar la toma de datos directamente de edificios en el marco de la ciudad es posible gracias al desarrollo previo de varias acciones desde la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital (SESIAD). El marco general de referencia lo establece la Plataforma de Interoperabilidad desarrollada en la norma UNE 178104.

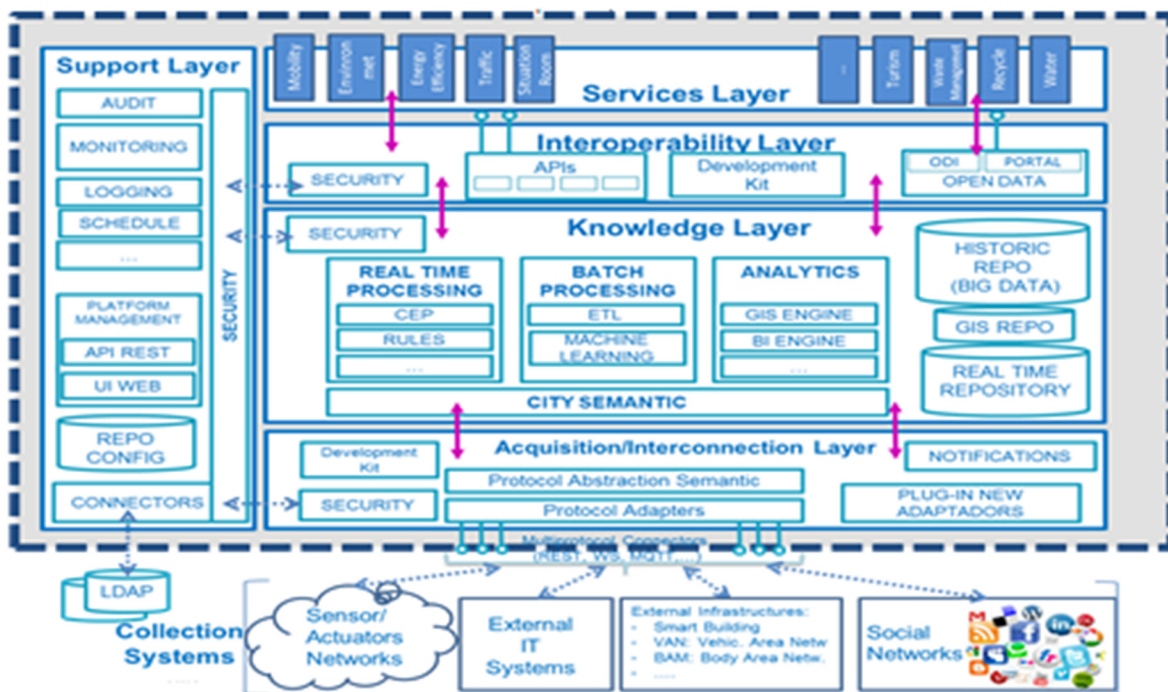


Figura 1. Esquema de la Plataforma de Interoperabilidad, UNE.

La implementación de la metodología que esta plataforma propugna ha favorecido el desarrollo de un lenguaje interno de la propia ciudad pero también posibilita que la ciudad se comunique eficazmente con otros elementos que tiene mucho impacto en su funcionamiento. De este modo se está ya avanzando en normas no sólo sobre edificios inteligentes (UNE 178108, ya en vigor) pero también sobre Smart Stations (UNE 178109, en borrador), Smart Port/Aeroport, etc.



La norma generalista sobre Plataforma de Interoperabilidad es ya referente internacional hasta el punto que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) la ha asumido como recomendación propia, aprobándola el 6 de febrero de 2018 con el título: "Requirements for interoperability of smart city platforms".

Una vez implantadas estas consideraciones previas podemos preguntarnos: ¿Cómo de inteligente puede ser una ciudad si no contiene edificios inteligentes que se relacionan eficazmente con ella? Entendiendo en este caso edificios inteligentes no sólo como aquéllos que pueden economizar el consumo de energía o administrar eficientemente el uso de sus salas de reuniones. Esta comunicación tiene como objetivo presentar la conexión IoT del Edificio en el marco de la Ciudad. Esta metodología de conexión de los edificios que permite a las ciudades tener un conocimiento íntimo de lo que está ahora mismo pasando en sus edificios posibilita que las ciudades puedan reaccionar adecuadamente para proporcionar a sus ciudadanos los mejores servicios posibles en cada momento. Este objetivo puede parecer muy ambicioso, pero existen iniciativas que actualmente trabajan en esta hoja de ruta.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las ciudades son las estructuras más complejas construidas por la humanidad, pero aún están reguladas en muchos aspectos por reglas del siglo XIX (planificación urbana "tradicional", por ejemplo). En la actualidad las necesidades de los ciudadanos y las empresas están cambiando rápidamente y en muchos casos las ciudades no están alcanzando este ritmo. Para acortar la brecha entre lo que la gente necesita y espera de las ciudades y su capacidad para satisfacer de manera rápida y adecuada a sus ciudadanos, esta metodología contempla diferentes enfoques y puntos de vista relacionados con la forma en que las ciudades se "comportan" a diario y cómo "reaccionan" en situaciones excepcionales.

El proyecto que se presenta consiste en sistematizar la toma de determinadas magnitudes en diferentes tipologías de edificios de forma que se obtenga por parte de la ciudad un conocimiento "íntimo" de cómo están funcionando los distintos tejidos urbanos, así como las grandes infraestructuras como puertos, aeropuertos, estaciones, centros comerciales o de negocios, estadios deportivos, etc.

En España existen 9.284.513 edificios de los cuales 8.623.875 están destinados principalmente a vivienda, alcanzando más de 25 millones de viviendas, 3,4 vacías y en general en buen estado (88%).

Esta iniciativa plantea retos de primer orden en varios niveles:

### Nivel Técnico

El diseño del Hardware de un nodo IoT que opere dentro de un edificio, pero su vocación sea la ciudad se enfrenta a distintos retos. Algunos de ellos han sido identificados en la norma UNE 178108 de Smart Buildings (Figura 2).

Dentro de los retos tecnológicos nos enfrentamos también al lenguaje que los nodos han de usar para comunicarse con la ciudad o incluso entre ellos. La Semántica adquiere aquí un papel muy relevante más allá de los protocolos utilizados habitualmente en domótica interna de los edificios. Por ese motivo se está definiendo una tendencia a orientar las comunicaciones sobre protocolo de Internet (IP) frente a protocolos tipo KNX, ModBUS, BacNET, etc.

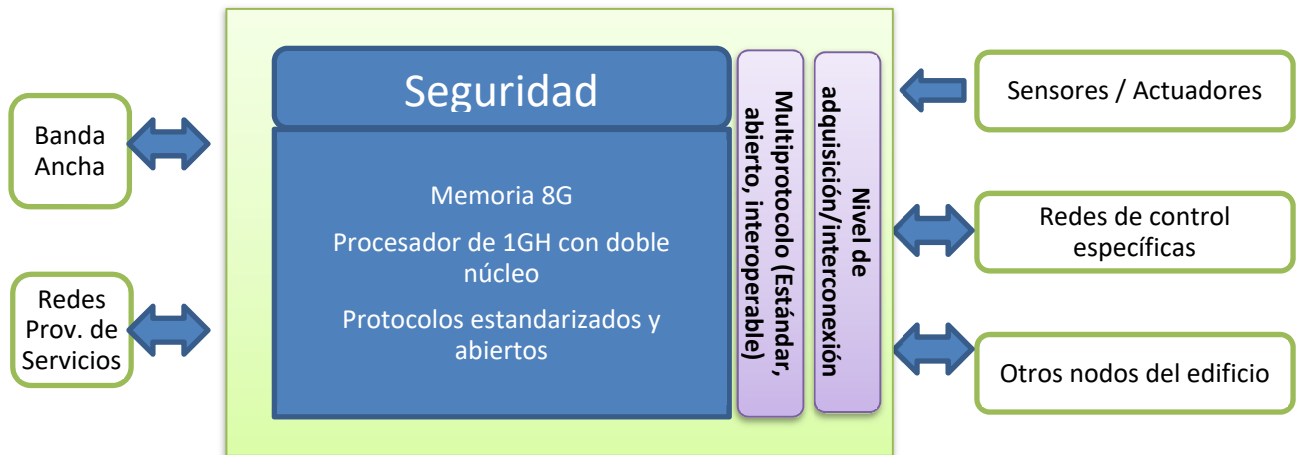


Figura 2. Estructura de Nodo IoT en edificios, UNE 178108.

## Nivel Administrativo

La inmensa mayoría de los edificios en una ciudad es de titularidad privada. Por ese motivo es necesario formalizar un convenio de colaboración o cesión de uso del espacio que el nodo IoT así como los sensores y canalizaciones ocupará en cada edificio. Este nodo al ser de reducidas dimensiones no supone un problema ni para su inserción en edificios de nueva planta ni para su ubicación en edificios existentes, generalmente en el cuarto de contadores. Se está aún debatiendo sobre la titularidad del propio aparato y de los datos, y en el momento de la redacción de esta comunicación el convenio aún está en fase de validación por parte del gabinete jurídico de los coordinadores del grupo de trabajo encargados de impulsar esta iniciativa.

## Nivel Urbanístico

Se pueden identificar dos aspectos sobre los edificios en las ciudades.

Por un lado encontramos la parte “objetiva” de la ciudad, o la tipología de edificios que la compone. Esta tipología está definida en el Plan General de Ordenación Urbana y suelen concurrir estos tipos de edificios:

1. Edificios de viviendas
2. Usos comerciales
3. Uso de oficinas
4. Uso hotelero
5. Espectáculos y hostelería
6. Usos docentes
7. Usos públicos
8. Usos religiosos
9. Usos sanitarios
10. Usos deportivos y recreativos
11. Aparcamientos, trasteros, locales de servicio, etc.
12. Almacenes e industrias
13. Construcciones auxiliares o eventuales

Casi todas estas tipologías de edificios pueden ser públicas o privadas y dentro de cada una de ellas se abre una amplia subdivisión que define particularmente la ciudad, Es decir existen viviendas en altura, edificios plurifamiliares, viviendas unifamiliares y estas distintas densidades forma subtejidos urbanos que caracterizan cada barrio. Esta identidad de cada zona es vital importancia para el funcionamiento de la ciudad.

Por otro lado encontramos la parte “subjetiva” de la ciudad, o la morfología urbana que el paisaje, el clima, los distintos crecimientos urbanos han ido trazando a lo largo de las décadas. Así cada ciudad tiene una cierta distribución del peso específico de cada tejido urbano que la caracteriza únicamente es decir, forma su identidad.

Dentro de las diversas morfologías de cada ciudad encontramos además otro nivel de diferenciación pues existen dos grandes grupos de edificios dentro de cada tipología y ambos contribuyen fuertemente a la definición de la identidad de cada ciudad. Así tenemos por un lado, grandes edificios dotacionales, de transporte o de servicios, como puertos, aeropuertos, estaciones, estadios de fútbol, centros de negocios, etc que aun siendo edificios singulares, tienen un alto impacto en la ciudad, especialmente en momentos puntuales. Este tipo de edificios es la primera opción a la hora de empezar a sensorizar la ciudad o la segunda si contamos los edificios públicos.

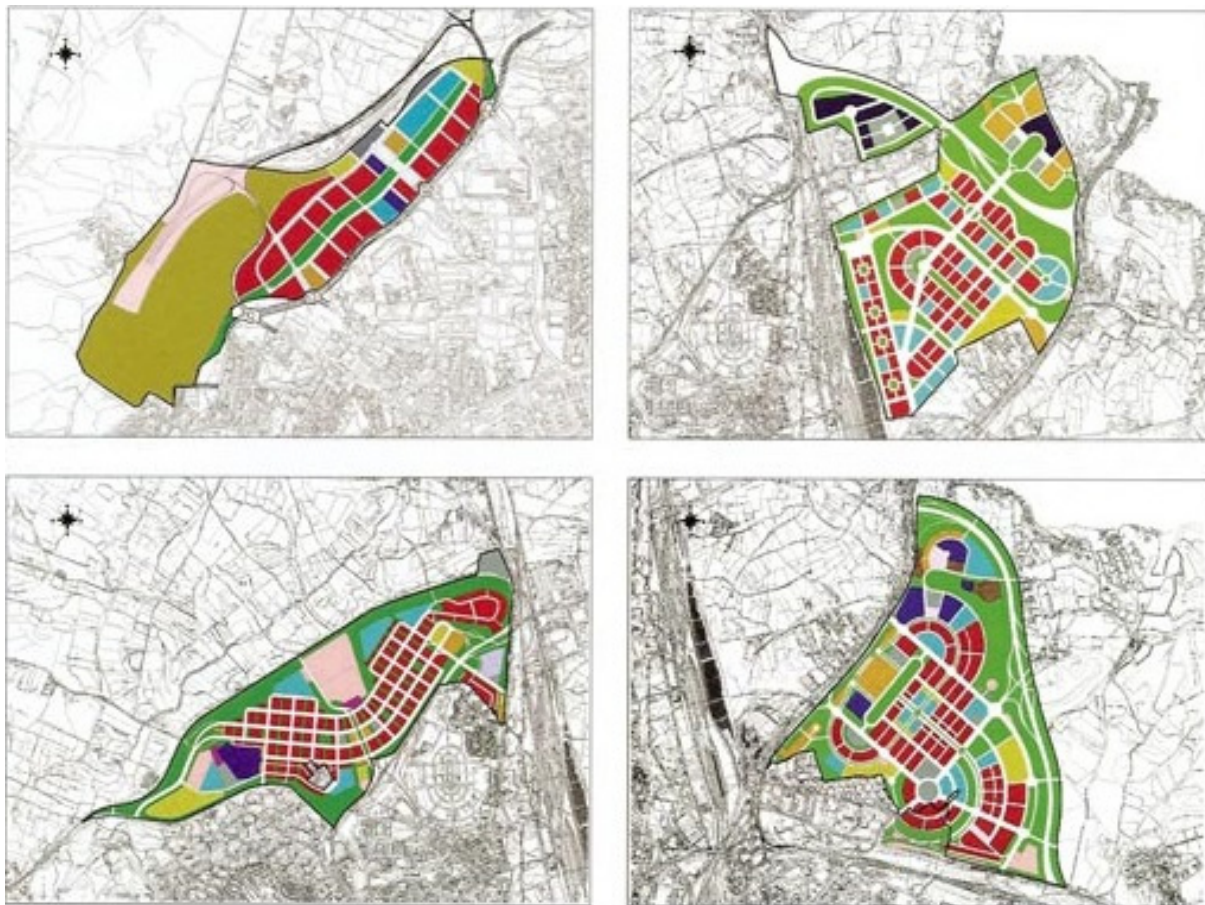


Figura 3. Distintas morfologías en nuevos desarrollos urbanos, [www.madrid.es](http://www.madrid.es).

Complementando a los edificios singulares de gran impacto individual en la ciudad encontramos los edificios “comunes”, como viviendas, bien en edificios plurifamiliares de alta o media densidad como unifamiliares en baja o muy baja densidad. El impacto en la ciudad de cada uno de ellos por separado es casi nulo pero debido a su elevada repetición a lo largo del tejido urbano, su impacto es definitivo, ya que todos los ciudadanos que viven en una ciudad tienen una vivienda y únicamente una parte de ellos acude a esos grandes edificios como los estadios de fútbol, estaciones etc. Por ese motivo sensorizar estratégicamente determinadas “unidades” de estos tejidos de edificios comunes puede ofrecer una información muy valiosa para poder llegar a gestionar la ciudad de forma verdaderamente “smart”.

## CASOS DE USO

Afrontar todos los anteriores retos requiere una estrecha colaboración entre las ciudades y la industria ya que unas tienen (o deben tener) un minucioso conocimiento de sí mismas y la otra aporta la tecnología y las propuestas para que las ciudades puedan medir las magnitudes (afluencia de personas, demanda energética, de suministros, calidad de aire, etc) que resultan más relevantes en cada tipología de edificios con todas las variantes antes mencionadas (distintos usos, titularidad pública/privada), grandes edificios singulares, edificios comunes, y por supuesto, ponderando el peso específico que cada tipología de edificio tiene en la ciudad dependiendo de su morfología.

A la hora de definir detalladamente en qué edificios de la ciudad es más efectivo colocar sensores (no tiene sentido colocar un nodo en todos y cada uno de los edificios de una ciudad para determinadas magnitudes, porque van a ser sólo infinitesimalmente distintas) las ciudades tienen que realizar un esfuerzo de proyección a futuro sobre la ciudad que quieren desarrollar.

La implantación de esta iniciativa supone una extensa labor de análisis de los edificios y su impacto de forma que resulta imprescindible diseñar un equipo de trabajo para llevarla a cabo con solvencia. Dentro del equipo de trabajo destacan campos que por su novedad en las entidades locales como la semántica, IoT, Inteligencia Artificial, etc.

## CONCLUSIONES

Esta iniciativa que aunque pudiera parecer evidente, (quién no sabe que en la ciudad hay edificios?) supone una innovación a nivel internacional por el hecho de sistematizar la medición de magnitudes específicas definidas según un doble criterio, por un lado definiendo que magnitudes son más determinantes en cada tipo de edificios, y por otro lado definiendo con qué intensidad se miden esas magnitudes dependiendo del peso específico de cada tipo de edificio común - y de su nivel de repetición en la ciudad.

El resultado esperado es asimilable al salto cualitativo que se dio en la biología y medicina a partir de cuando se empezó a entender el funcionamiento de las células que conforman los distintos tejidos y órganos de nuestro cuerpo. Así, desde los ayuntamientos, pero también desde otros agentes urbanos se podrá diseñar, gestionar y utilizar la ciudad con un conocimiento como nunca antes se había imaginado.

## AGRADECIMIENTOS

Esta iniciativa parte de la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital (SESIAD) cuyas personas más involucradas en esta iniciativa son Enrique Martínez Marín, Jesús Cañadas y Javier Carvajal. Alrededor de este organismo se ha conformado un equipo de personas que aportan su conocimiento, talento y dedicación destacando Tania Marcos de UNE, Emilio Medina del COIT, Esther Minguela - Open Data, Julia Pecci – Semántica. Además de los profesionales que participan en los distintos grupos de trabajo del Comité Técnico de Normalización 178 sobre Smart Buildings, del que emanan todas las normas UNE que regulan estas iniciativas.

## REFERENCIAS

- [www.ine.es](http://www.ine.es)
- [www.une.org](http://www.une.org)
- [www.itu.int/es](http://www.itu.int/es)
- <http://www.luisjurado.es> (7 mayo 2015)
- <http://www.arquitectotrujillano.com>
- <http://urban-networks.blogspot.com.es> (12 enero 2013)

# LA PARTICIPACIÓN DE USUARIOS EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL ESPACIO DE TRABAJO - PROTOTIPO APP MÓVIL PARA TRABAJADORES DE UN EDIFICIO SINGULAR EN MADRID

M. Teresa Cuervo-Vilches, Dra. Arquitecta, IETcc-CSIC

M. A. Navas-Martín, Sociólogo, ISCIII

**Resumen:** A partir del análisis diagnóstico y las propuestas de mejora efectuadas previamente de forma grupal por usuarios de un edificio singular de Madrid, se desarrolla una propuesta de App móvil gamificada que permita a los usuarios del edificio voluntariamente implicarse y comprometerse en la gestión energética del edificio, utilizando la cultura corporativa, y otras motivaciones personales y grupales que propicien el empoderamiento a largo plazo. Para ello se utiliza la gamificación o aplicación de elementos, componentes y técnicas basadas en los juegos en entornos no lúdicos, que ha demostrado con éxito ser un recurso útil para tal fin en campos científicos a la vez que de clara vocación social como la Medicina o la Educación. Esta propuesta además puede combinarse con métodos cuantitativos de monitorización, que vinculada a través del IoT u otras fuentes de registro remotos pueden almacenarse y analizarse a través de sistemas inteligentes como el Cloud Computing, entre otros. Esto facilita el tratamiento de información obtenida, establece relaciones entre parámetros, y permite elaborar estrategias y tomas de decisiones mucho más adecuadas para el uso eficiente de la energía y los recursos en los edificios.

**Palabras clave:** Gamificación, Edificio Singular, Empleados, Motivación, Gestión Energética, App Móvil, Engagement, Métodos Mixtos, Sostenibilidad Social, Participación

## INTRODUCCIÓN

Este estudio supone la segunda parte de una investigación llevada a cabo en un centro de trabajo perteneciente a la administración pública. Más concretamente, se trata del Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IETcc-CSIC).

En la primera parte se hace una aproximación a la percepción del usuario del edificio, los empleados, sobre el edificio, en términos de confort interior, estableciendo para ello un análisis diagnóstico y unas propuestas de mejora sobre aquellas deficiencias detectadas. Para ese estudio, la técnica utilizada fue cualitativa, proveniente de las ciencias sociales, basada en el uso de fotografías y experiencias personales o historias relacionadas (Cuervo, 2017).

En este segundo estudio, se ha utilizado la información obtenida y el análisis posterior, para elaborar un prototipo de App móvil que permita obtener información de forma voluntaria de los empleados.

Esta forma de obtener información subjetiva del usuario puede ser de gran interés, sobre todo a la hora de detectar carencias que de otro modo son difíciles de conocer, por lo que puede utilizarse con gran potencial en métodos mixtos, que aúnen tanto técnicas cualitativas como cuantitativas, para lo cual se pueden cruzar los datos obtenidos con aquellos procedentes de monitorización, por ejemplo. Las posibilidades gracias a la tecnología disponible y a el análisis de datos masivo con computación a alto nivel, son prácticamente infinitas. Esto permite la agilización de diagnosis y propuestas de mejora para la gestión ambiental del edificio, por ejemplo, permitiendo un mayor ajuste en la toma de decisiones a nivel institucional (Cuervo, 2017).

## Objetivos

El objetivo principal de este estudio es obtener información y hacer partícipe al usuario en su lugar de trabajo acerca de su relación con el edificio, en términos de confort y gestión ambiental del mismo, de forma cómoda y amena.

Los objetivos secundarios persiguen la participación del usuario de una forma proactiva, voluntaria, motivadora y divertida, para lo cual se utilizan técnicas y elementos basados en los juegos empleados en entornos no lúdicos (gamificación), así como empoderar al empleado en lo que se podría denominar la “co-gestión ambiental” o gestión colaborativa del edificio, o en otras palabras, conseguir su concienciación a corto, medio y largo plazo.

Además, se tendrán en cuenta los intereses de la organización, para poder tomar decisiones y llevar a cabo estrategias de gestión colaborativa eficiente de energía y recursos que puedan prolongarse de forma efectiva en el tiempo con la participación del usuario.



Figura 1. Diagrama relacional de la Estrategia de Gestión Colaborativa.

## Esquema-Resumen del marco teórico aplicado y los resultados esperados

Una vez registradas algunas carencias por un determinado grupo mediante el uso de técnicas cualitativas en el edificio singular de estudio, se procede a establecer una estrategia de recogida de información e intercambio, cuantificando los registros con una potencial muestra significativa del personal del edificio. Para ello se utiliza una interfaz móvil gamificada (App), que resulte atractiva a los usuarios, de forma que superen sus reservas personales a participar en estas iniciativas, a la vez que se les incentiva su recurrencia e intercambio de información, necesarios para posterior toma de decisiones final.

A continuación se presenta esquematizada la estrategia, diferenciando el marco teórico basado en la motivación, conciencia crítica y responsabilidad, así como los resultados en forma de acciones por parte de los usuarios que han de resultarles gratificantes con respecto al edificio y a la organización, y por último el cambio de conducta deseado a medio-largo plazo.



Figura 2. Esquema-Resumen: Marco teórico y resultados esperados.

## SOLUCIÓN PROPUESTA

### La gamificación como herramienta metodológica

#### *El hombre y el juego. La gamificación*

Destacaba el filósofo Johan Huizinga (1938) que “el hombre era un ser lúdico desde mucho antes de ser un ser cultural, puesto que el juego precede a la cultura” (Huizinga, 1938).

La gamificación consiste en aplicar elementos y estrategias provenientes de los juegos en contextos no lúdicos.

Es una técnica utilizada ampliamente desde hace algo más de una década tanto en estrategias de Marketing, como más recientemente en campos de disciplinas científicas como la Educación o la Medicina, de clara vocación social.

Son muchos los estudiosos que han profundizado en el uso del juego o de sus elementos y técnicas para entender por qué resulta tan divertido, y cuáles son los mecanismos que provocan la motivación del jugador y su recurrencia. En efecto, el juego establece conexiones neuronales que amplían las posibilidades de resolver cuestiones, promueven el interés por un determinado tema, y mediante un equilibrio entre habilidad-dificultad, puede producir un alto nivel de compromiso. Esto, bien llevado al diseño de estrategias gamificadas, puede conducir a cambios conductuales a medio y largo plazo, utilizados con gran éxito en campañas preventivas, así como en adherencia a medicamentos, entre otros.

### **Por qué aplicar gamificación en energía**

¿Por qué aplicarlo a la gestión energética del edificio? El consumo de energía es un tema social significativo y crítico. La Gamificación ofrece un medio de influenciar a la gente en relación al consumo de energía (Johnson et al., 2017).

A la hora de aplicar estrategias de ahorro y eficiencia energéticas, se pueden detectar determinadas barreras tanto en la fase de diseño, como en la de uso y en toma de decisiones frente a tareas de rehabilitación ambiental. Estas a su vez pueden venir originadas en primer lugar, de un conocimiento más o menos sesgado del técnico o proyectista sobre detalles de la actividad del edificio, así como de los perfiles de usuarios; en segundo lugar, en la fase uso, los problemas pueden proceder de la falta de formación o acceso de los usuarios a la toma de decisiones en su espacio de trabajo relacionadas con el ambiente interior y por tanto con su confort; y por último, de cara a una fase de posible rehabilitación ambiental, la falta de comunicación entre los ocupantes de los distintos espacios, los decisores, y los técnicos o proyectistas encargados del proyecto, que puede derivar en que las necesidades reales de estos ocupantes en cuanto a confort no coincidan con aquellas deficiencias detectadas por los técnicos encargados de la auditoría o proyecto de rehabilitación. Además, concurren otras circunstancias comunes, como que la gestión ambiental de un edificio a menudo depende de una serie restringida de personas, que suelen reducirse al equipo de Dirección, y de Mantenimiento. El potencial del usuario como actor y parte del todo social, así como su empoderamiento una vez es conocedor de aquél, y más allá, el poder cuantificar su acción, así como su potencial de ahorro, a la vez que poder obtener información para la posterior toma de decisiones, son algunas de las claves por las que se plantea este método de aproximación al usuario.

Así pues, la estrategia plantea que, tras una formación inicial sobre el funcionamiento de la gestión ambiental del edificio, se implica al usuario como agente co-gestor, involucrándolo mediante la interfaz que registre su actividad diaria y su repercusión en el cómputo global de la gestión del edificio. Implicar al usuario así, supondría un gran logro especialmente en edificios terciarios y singulares (Cuerdo-Vilches & Navas-Martín, 2015).

### **Potencial de la gamificación en la gestión energética de edificios singulares**

El potencial de esta técnica basada en elementos y diseño de juegos reside en su poder de implicación social, el compromiso y la recurrencia (atributos incluidos en el término inglés *engagement*), que si bien resultan de gran interés en el hogar, suponen un mayor reto en edificios terciarios, especialmente aquellos existentes y singulares.

El usuario en su lugar de trabajo no tiene *a priori* una participación directa en los consumos energéticos y por tanto en los económicos. Esto, unido a la falta de control sobre los consumos y la calidad ambiental en su espacio de trabajo, o cierta incomunicación tanto con los mecanismos del propio edificio como con los responsables del mismo, hace que el usuario no se sienta vinculado ni responsable, o al menos no totalmente, sobre cuestiones de ambiente interior o energéticas.

Sin embargo, su papel es principal en estos términos operativos energéticos o ambientales, puesto que el usuario final debe ser el objetivo de confort en el edificio, y si las estrategias no se comunican de algún modo con sus necesidades, directa o indirectamente, puede constituir un fracaso.

Estas técnicas, de reconocida valía y con grandes ejemplos de éxito en múltiples disciplinas, que profundizan en la capacidad de voluntad, el compromiso y el comportamiento del usuario frente a cuestiones decisivas como la gestión ambiental, no sólo pueden hacer que se alcancen esos objetivos, sino que además hagan partícipe al propio usuario, como parte de un todo, haciéndolo sentirse más útil y ligado a su entorno laboral, como co-gestor ambiental del edificio que ocupa.

Esta aproximación conlleva contar con un equipo multidisciplinar, que permita entender la relación usuario-edificio de forma holística, acercándose lo máximo posible al perfil real del usuario, puesto que, en Gamificación, como en cada edificio, se establece la relación con el usuario de manera específica y concreta, siendo más exitosa cuanto más real se perfile la relación entre aquellos (Cuerdo-Vilches & Navas-Martín, 2015).

## La estrategia: Sistema gamificado mediante App móvil

Una vez detectados en el anterior estudio las deficiencias en cuanto a confort interior del edificio lugar de trabajo por un grupo voluntario de trabajadores, se confecciona el prototipo de una interfaz móvil que permita llegar al máximo de empleados de esta organización, siempre de forma voluntaria y sin percepción de “invasión de su intimidad” o presión alguna. Mediante el uso de estrategias como el “Design Thinking”, la gamificación, y técnicas de las ciencias sociales aplicadas a la gestión energética del edificio, se establece la herramienta final, que permite al usuario comunicar su estado de confort periódico, con menor o mayor nivel de detalle. A su vez, este se introduce en un sistema gamificado, que hace uso de valores y cultura corporativos así como de la singularidad del edificio para implicar más al usuario. Este puede obtener una equivalencia de los ahorros energéticos y económicos efectuados con conductas ahorradoras o eficientes, así como otros incentivos que lo animen a participar de forma recurrente, promoviendo un cambio de hábitos, hacia conductas concienciadas con la gestión energética, y con el medioambiente.



Figura 3. Esquema del Sistema Gamificado.

## Mockup del prototipo WORK-COMFORT SEEKERS!

El prototipo mediante *mockup* de la aplicación móvil gamificada para usuarios del edificio se define como la interfaz a través de la cual el intercambio de información usuarios-organización se puede establecer de forma bilateral. En principio, el interés es obtener información directa de aquellas carencias en confort, o ausencia del mismo. Sin embargo, puede resultar útil establecer otras fórmulas que garanticen la recurrencia del usuario, para lo cual se pueden establecer relaciones voluntarias con otros usuarios a través de competiciones, retos, foros, o valoraciones de contenido relacionado. Esto, además de favorecer el *engagement*, contribuye a su vez a adquirir mayores competencias y conocimiento en materia relacionada con el edificio, su singularidad y su gestión, favoreciendo asimismo el compromiso del usuario. Por otra parte, el cruce de contenidos y valoraciones con otros usuarios fomenta el reconocimiento mutuo y el sentimiento de pertenencia, por lo que el compromiso se genera por un bien superior al personal, que constituye el interés común.





Figura 4. Secuencia de pantallas del mockup de app móvil gamificada.

## APLICACIÓN EN MÉTODOS MIXTOS PARA EDIFICIOS INTELIGENTES

A partir de la propuesta de App móvil que sirve de conexión o interfaz para obtener información e intercambiarla con los usuarios, se plantean potenciales usos combinados de esta tecnología con otras existentes o incipientes que crucen esta información con otras disponibles a través de dispositivos inteligentes que provean otros datos a través de *Internet of Things (IoT)* o *Indoor Positioning (IPS)*, por ejemplo. Estas tecnologías citadas permiten obtener, entre otros, datos monitorizados sobre variables medioambientales interiores y exteriores, o posición de los usuarios dentro del edificio, respectivamente.

Como ejemplo de aplicación de métodos mixtos basados en sistemas en edificios inteligentes, se propone una arquitectura cliente-servidor a través de la computación en la nube. La aplicación cliente realizará las peticiones y el servidor se encargará del procesamiento de las respuestas. Para ello los usuarios necesitarán un *smartphone* con conexión a Internet. El usuario dispondrá de un interfaz *front-end* para acceder a la aplicación móvil y poder interactuar con ella de forma amigable. Para el tratamiento y procesamiento de los datos al servidor contará con un interfaz *back-end* para la parametrización y configuración de la aplicación. Asimismo, en este acceso al servidor del sitio se podrá acceder a toda la información recogida por todos los usuarios, además de los dispositivos de monitorización y localización. Los dispositivos de monitorización se valdrán de sensores *IoT* para el procesamiento de información a tiempo real. Estos sensores permitirán medir la temperatura y la humedad ambiental. Por último, para completar la recopilación de datos, se utilizará el *sistema de posicionamiento en interiores (IPS)* para determinar la ubicación del usuario en el interior del edificio.

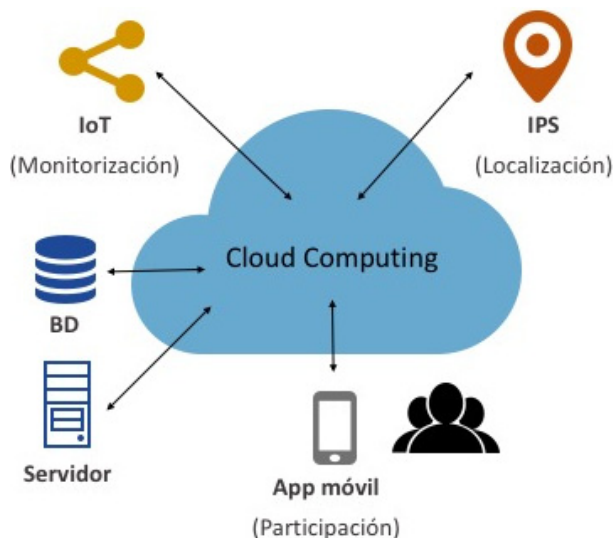


Figura 5. Esquema de obtención de datos para su posterior análisis y tratamiento en métodos mixtos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien la estrategia no ha podido ser implementada completamente, cabe destacar el trabajo previo de análisis cualitativo con usuarios del edificio, por lo que se pueden establecer algunas directrices a tener en cuenta para el desarrollo completo, puesta en funcionamiento, y mantenimiento de la estrategia gamificada (en solitario o combinada con otros métodos de análisis).

Estas directrices o cuestiones valorables a la hora de establecer una estrategia de estas características, vienen de la mano del contacto con el usuario del edificio que es su espacio de trabajo, de un lado; y de otro, de las relaciones que este mantiene con sus compañeros, con los gestores o decisores en el edificio, y con sus superiores.

Por otra parte, no hay que olvidar otras cuestiones de carácter personal, que se pueden ver afectadas en acciones de este tipo, entre las que se pueden encontrar cuestiones de privacidad, reticencias a la hora de participar por temor a represalias o decisiones drásticas al respecto, u otras situaciones que puedan hacer percibir al usuario cierta incomodidad o invasión de su intimidad.

Además, hay que tener en cuenta que este tipo de estrategias son a la carta, puesto que cada edificio es singular y único, así como sus trabajadores, y las relaciones entre ambos, y con respecto a los gestores, en los cuales también influyen otras cuestiones como intereses y cultura corporativos. Por estas razones conviene que la iniciativa parta de una estrategia de los gestores, siempre que exista una posición de respeto y voluntariedad para con el usuario.

Es importante para lograr éxito con estas estrategias, establecer playtests y mantener una constante retroalimentación con las necesidades y preferencias de los usuarios.

## CONCLUSIONES

Como principales conclusiones a modo de resumen se puede aseverar que el usuario es un excelente multisensor, y lejos de verlo como un elemento imprevisible e incontrolado, se puede trabajar en estrategias que no sólo permitan obtener información de sus necesidades y preferencias, sino que además pueden permitir la formación en materia de energética del edificio y hacer que su participación sea proactiva y comprometida, para una gestión colaborativa del edificio a largo plazo.

Para que este tipo de estrategias tengan el éxito deseado, hay que hacer un seguimiento muy cercano a los intereses y necesidades de los usuarios, sus preferencias, así como tener en cuenta cuáles son los intereses y cultura corporativos y todos aquellos otros elementos que puedan intervenir para constituir una motivación del usuario tal que aumente su participación proactiva y su compromiso con la gestión colaborativa. Para ello hay que hacer de la estrategia gamificada algo divertido, sin que por ello signifique perder la seriedad de un trabajo en pro de la gestión colaborativa eficiente del edificio.

## REFERENCIAS

- Cuerdo Vilches, M.T. (2017). La participación del usuario en la gestión energética de edificios: aplicación del método photovoice en espacios de trabajo. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Huizinga, J. (1938). Homo Ludens: el elemento lúdico de la cultura. *Madrid: Alianza*.
- Johnson, D., Horton, E., Mulcahy, R., & Foth, M. (2017). Gamification and serious games within the domain of domestic energy consumption: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 249-264.
- Cuerdo-Vilches, M.T., Navas-Martin, M.A. (2015): El empoderamiento del usuario como agente co-gestor ambiental del edificio a través de la gamificación. In *Proceedings of the II International congress on sustainable construction and eco-efficient solutions: Seville 25-27 may 2015* (pp. 663-674).

# TÉCNICAS DE PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EL ENTORNO DE TRABAJO: EL USUARIO COMO CO-GESTOR AMBIENTAL

M. Teresa Cuervo-Vilches, Dra. Arquitecta, IETcc-CSIC

M. A. Navas-Martín, Sociólogo, ISCIII

**Resumen:** Este estudio propone técnicas cualitativas basadas en imágenes y vivencias de los propios usuarios de edificios existentes, como herramienta de diagnóstico y elaboración de propuestas de mejora de utilidad ante la toma de decisiones estratégicas para hacer del edificio existente un lugar más sostenible y eficiente. Para ilustrar el estudio se presenta una experiencia sobre confort ambiental en un edificio existente, singular y de uso terciario situado en Madrid. Posteriormente al análisis y propuestas obtenidos, se pueden establecer estrategias inteligentes, cuantitativas o mixtas, adaptadas para cada edificio, lo que supone un mejor ajuste a las necesidades reales de los usuarios, que puede conllevar ahorros en recursos tanto humanos como económicos y temporales.

**Palabras clave:** Participación Social, Photovoice, Gestión Ambiental, Usuario, Entorno de Trabajo, Edificio Existente, Investigación Cualitativa, Storytelling, Eficiencia Energética, Rehabilitación

## INTRODUCCIÓN

Este estudio versa sobre la investigación llevada a cabo en un centro de trabajo perteneciente a la administración pública. Más concretamente, se trata del Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IETcc-CSIC).

Para este estudio, se realiza una aproximación a la percepción del usuario del edificio, los empleados, sobre el edificio, en términos de confort interior y ambiental, estableciendo para ello un análisis diagnóstico y unas propuestas de mejora sobre aquellas deficiencias detectadas. La técnica utilizada pertenece a la investigación cualitativa, proveniente de las ciencias sociales, basada en el uso de fotografías y experiencias personales o historias en primera persona, lo que algunos investigadores denominan “storytelling”, que contextualizan las instantáneas tomadas por ellos mismos.

## Antecedentes

Para establecer las técnicas de participación social disponibles actualmente y su aplicación a la gestión energética o ambiental del edificio, conviene establecer el contexto social y medioambiental del usuario del edificio (Cuervo-Vilches & Navas-Martín, 2015).

### *El usuario como ser social*

Actualmente la sociedad existente se caracteriza porque en ella las relaciones económicas, sociales, políticas y culturales están siendo alteradas por una nueva forma de organización denominada “sociedad-red”, sociedad post-industrial, sociedad de la información o sociedad del conocimiento (Castells, 2000).

En este nuevo marco social, el usuario se define como usuario 2.0 o prosumer: interactúa con la información y tiene presencia en la Web. Este usuario se clasifica en consumidor, productor o prosumidor (Hernández et al., 2014). Estos últimos son capaces de producir y de consumir información a través de las herramientas multimedia que le permiten expresarse y compartir en la Red en entornos Web 2.0, asumen el rol de canal de comunicación, son capaces de aprender de forma autodidáctica y por contagio, consiguiendo a veces un poder que puede pasar inadvertido por parte de los propios individuos (Sánchez & Contreras, 2012). Esta última categorización está estrechamente relacionada con el tipo de comportamiento pasivo o activo que puede tener un usuario. Los usuarios pasivos son aquellos que sólo consultan o buscan información que otros producen. En cambio, el usuario activo se asume como un sujeto social que además de compartir y socializar contenido como el usuario 2.0, lo crea (Hernández et al., 2014).

***El usuario y su compromiso medioambiental***

Una de las características que define a la sociedad actual es el desarrollo de la conciencia medioambiental. Si durante el último tercio del siglo XX, el medio ambiente sólo era una preocupación para algunos sectores de la comunidad científica, grupos ecologistas, y expertos que tomaban las decisiones en el ámbito político, hoy este panorama ha cambiado. La preocupación de la comunidad científica se ha unificado ante la gravedad del estado del medio ambiente; los grupos ecologistas se han consolidado a través de la acción de los movimientos y partidos verdes. La política medioambiental se ha convertido en un eje de la política pública (Valencia et al., 2010).

Además de esta conciencia medioambiental a nivel individual y social, propiciadas por las crisis energéticas a nivel global y por la crisis económica reciente, el usuario a nivel doméstico también está concienciado de la necesidad de ahorrar energía, por lo que lleva a cabo estrategias de ahorro y eficiencia en su domicilio.

Sin embargo, se ha detectado la falta de implicación a este respecto en el entorno laboral, donde el usuario encuentra en primer lugar que la consecución del confort interior no depende, o no mayoritariamente, de acciones al alcance de su mano; es decir, en muchas ocasiones no sabe cómo puede gestionar, aunque sea parcialmente, o simplemente no se le permite gobernar los distintos sistemas y dispositivos de los que depende su confort. Por otra parte, el usuario no suele considerarse parte activa en la gestión energética del edificio, sino más bien todo lo contrario: siempre ha sido un ente no controlado e imprevisible. Y por último, los recursos económicos para hacer frente a las facturas energéticas no dependen de él, por lo cual se acentúa su falta de vínculo a esta causa.

***El usuario en la investigación científica relacionada con el confort***

El comportamiento del usuario es uno de los factores que más influyen en el consumo de energía del edificio y que contribuye a la incertidumbre en la predicción y simulación del uso de la energía en los modelos (Becchio et al., 2016; Hong et al., 2016; Sun & Hong, 2017; Yan et al., 2015; en Cuervo, 2017), causando las mayores discrepancias entre lo estipulado por diseño y la energía consumida en la etapa de uso (Buso et al., 2015; en Cuervo, 2017). El entendimiento sobre el comportamiento del usuario es insuficiente en todas las etapas de un edificio (diseño, uso y rehabilitación), llevando a simplificaciones erróneas en los modelos informáticos y de análisis (Hong et al., 2016; en Cuervo, 2017).

Actualmente, son múltiples las aproximaciones que se efectúan al papel del usuario en relación con la energía en los edificios y el confort. Así, se pueden destacar revisiones metodológicas realizadas a otros estudios de investigación, que a su vez recogen diversas técnicas y métodos como pueden ser: monitorización de variables ambientales, minería de datos, cálculos probabilísticos, realidad virtual, encuestas, métodos de tratamiento estadístico avanzado, análisis de sensibilidad e incertidumbres con simulación, o métodos mixtos. Sin embargo, se ha detectado una falta importante de aproximación a la realidad del usuario contada por él mismo, donde las reticencias a su inevitable subjetividad sean superadas por el rigor de investigación cualitativa de calidad, a través de las técnicas disponibles.

**METODOLOGÍA****Investigación cualitativa*****Por qué utilizar investigación cualitativa***

La investigación cualitativa aporta importantes hallazgos en cuanto a información de calidad, más que de cantidad. Su empleo se justifica para la comprensión de una realidad desde dentro, más cercana, lo más real, para lo cual habitualmente se recurren a técnicas que permiten un contacto directo con el sujeto, en el que lo que prima es su testimonio, a menudo contado, aunque puede estar apoyado por otros soportes como las imágenes, por ejemplo.

Además, otras técnicas utilizan el intercambio de experiencias grupal (grupos focales o grupos de discusión), donde el debate es clave para organizar un discurso. Esta investigación, denominada Investigación-Acción Participativa (IAP), construye su hilo discursivo de tal intercambio entre las personas que comparten algún aspecto de su vida.

Por otra parte, existen técnicas de investigación basada en imágenes. La imagen tiene poder de comunicación, y permite además que la intención y circunstancia por la que se tomó la instantánea, perdure más allá de la propia

imagen. Además, esta imagen da cierta “objetividad” a la hora de detectar carencias relacionadas con el tema que se trate en cuestión, puesto que evidencia lo que de otra manera sólo sería relatado. Sin embargo, Sontag, fotógrafa, sostenía que una imagen sin un contexto que la explicase, perdía gran parte de su intención y su razón de ser.

En este tipo de investigación, el investigador cumple la función de facilitador: conduce el discurso sin inmiscuirse en él; procura no sesgarlo; redirige momentos de falta de comunicación o estancamiento. En este tipo de técnicas no existe supremacía de los investigadores frente a los sujetos de estudio: prevalece el valor del discurso y su construcción paulatina, individual o de forma grupal. Este facilitador favorece la conexión con el grupo, establece las herramientas necesarias para la sesión o sesiones de trabajo, y puede que sea además la persona encargada del análisis de contenidos y categorización finales, o forme parte del grupo de investigación encargado de estas tareas.

Los marcos teóricos por su parte pueden enriquecer además ese discurso, no sólo obteniéndose información del sujeto o sujetos. La conciencia crítica, por ejemplo, que emana de las teorías del pedagogo Paulo Freire, ha dado lugar a que con la aplicación de ciertas técnicas IAP en ambientes marginales, determinados colectivos pudieran tener voz y hablar sobre sus problemas, a la vez que hacían un ejercicio de comprensión crítica de su realidad, para poder luego efectuar iniciativas de comunicación con aquellos decisores políticos o entidades que les pudieran dar ayuda. El usuario al fin, consciente de la necesidad de cambiar su realidad, tras analizar sus carencias y fortalezas, se ve motivado a tomar las medidas a su alcance para cambiar tal realidad. Esto se conoce como empoderamiento.

Bajo estas técnicas y marcos teóricos nace Photovoice, técnica en la que se basó este estudio.

## CASO DE ESTUDIO: EL IETCC-CSIC

### El edificio y su actividad institucional

La singularidad del edificio elegido es múltiple. De un lado, es un edificio existente, singular, de cierto nivel de protección, y pertenece a la Administración Pública. Por otra parte, su actividad es principalmente la investigación en construcción, y se da la circunstancia que sus usuarios son, en una determinada proporción, especialistas en temas relacionados con el Edificio, y en menor medida, con la Energía. Sin embargo, resulta paradójico que esta circunstancia no los haga estar más confortables en el edificio donde realizan su actividad profesional diaria.

Por todas estas cuestiones parece adecuado utilizar el edificio para establecer esta estrategia y determinar su viabilidad en aplicación a la gestión energética o ambiental del edificio, puesto que en otros ámbitos como las Ciencias Sociales y de la Salud ya ha sido ampliamente aplicada y difundida.



Figura 1. Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), en Madrid.

## ADAPTACIÓN METODOLÓGICA DE PHOTOVOICE

Photovoice es una técnica de investigación cualitativa, que se fundamenta en la toma de fotografías contextualizadas para detectar o evidenciar carencias en torno a una colectividad concreta, esto es, personas que

comparten algo en común. Sobre esas fotografías, y en diversas sesiones grupales, los distintos usuarios del edificio que voluntariamente se han prestado al estudio van argumentando sus vivencias, impresiones e intenciones frente a las fotos propias y ajenas, construyendo así un discurso grupal. Esa construcción del discurso les lleva a establecer una jerarquía de carencias, distribuidas en categorías, que luego depuran hasta consensuar una categorización final. A su vez, seleccionan las fotografías que representan al grupo, para opcionalmente exponerlas, y finalmente elaborar una propuesta de mejoras basándose en sus experiencias y elevarla a los decisores en cuestiones del edificio, tras haber tomado conciencia crítica de los problemas expuestos. Esto último hace que el nivel de compromiso tanto individual como a nivel grupal aumente, y se unan por un bien común, en este caso alcanzar el confort en el espacio de trabajo.

## Preparación del grupo

En primer lugar, se estableció un reclutamiento mediante invitación a sesión informativa. Es muy importante para la aplicación de estos métodos, en entornos de trabajo, y tratando cuestiones de índole personal, que sea algo voluntario. Al ser una investigación cualitativa, no existe muestra mínima, sino al contrario, se buscan pocos testimonios, pero de calidad, puesto que, frente a la cuantitativa, la muestra no representa al todo, aunque sí puede indicar claves importantes en relación a carencias relacionadas con el colectivo de estudio.

Al final el reclutamiento atrajo a 16 participantes, que se distribuyeron posteriormente con ayuda de la información demográfica en grupos homogéneos en razón a su conocimiento en temas energéticos relacionados con el edificio. Se establecieron tres subgrupos, a los cuales se informó de las implicaciones personales, como la autoría de las fotos, la grabación de las sesiones grupales, los consentimientos informados y consentimientos a terceros. Se informó además del alcance de la investigación, objetivos, duración, y tareas a realizar, y dieron su consentimiento. Todo esto se registró para su posterior disposición y análisis.

## Obtención de datos

Así pues, para la aplicación de esta técnica al problema del confort interior en un edificio que cuenta ya con más de 60 años de antigüedad, se establecen las vías de comunicación con los usuarios a través de las cuales se registran los documentos diferentes que constituirán el discurso grupal.

Existen cuatro fuentes de datos principales: las imágenes, los testimonios de contextualización de las imágenes individuales, el discurso grupal, además de obtener información de los formularios y cuestionarios demográficos.

### Las imágenes

La toma de imágenes se plantea mediante el uso de *smartphones*. Sólo uno de los 16 participantes carecía de móvil con cámara, por lo que se le permitió participar en el discurso sin aportar imágenes. Los 15 restantes aportaron sus imágenes, haciendo uso de aplicaciones de mensajería instantánea (Whatsapp) o en su defecto correo electrónico, para entregárselas a la facilitadora-investigadora. Se tomaron 52 fotografías; 13 fueron seleccionadas por el grupo.



Figuras 2, 3, y 4. Algunas de las imágenes seleccionadas por los tres subgrupos como representativas.

### Los testimonios de contexto de imágenes

Estos testimonios a su vez tuvieron dos fuentes diferentes a nivel individual: los formularios de descripción de las fotos, y la descripción de cada foto que realizó su autor frente al resto de los grupos para contextualizarla. Estas fuentes también fueron parte del análisis posterior. Estos testimonios fueron entregados en soporte digital o papel.

### Discurso grupal

En las sesiones grupales, se debatieron las imágenes y las intenciones de sus autores, para posteriormente analizarlas y obtener una categorización de los problemas detectados y la elaboración de propuestas de mejora. Estas sesiones se grabaron en audio y se transcribieron para su análisis posterior.

### Formularios y cuestionarios demográficos

Los formularios indicaban un resumen del proyecto, las implicaciones, y aquellas cuestiones relacionadas con temas de índole personal, como la autoría, la privacidad, o la voluntariedad de participar en este estudio. Asimismo, también firmaron todos los participantes un consentimiento informado, y en el caso de fotografiar a terceros, consentimientos de estos a la toma de imágenes. El cuestionario demográfico se realizó para establecer variables no sólo demográficas (aunque no representativas porque no existe muestra), sino para homogeneizar los subgrupos ante posibles variaciones en el discurso, que luego no resultaron significativas. Ambos escritos se facilitaron vía correo electrónico a la facilitadora.



Figura 5. Etapas de recogida y análisis de datos, y canales de comunicación con la facilitadora.

## ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó utilizando la técnica de Análisis de Contenidos. En ella la facilitadora-investigadora cruzó todos los soportes y elementos que componían el discurso tanto individual como grupal, para llegar a un único discurso, consensado con el grupo, donde se estableció una categorización final de problemas detectados, así como una categorización de soluciones aportadas para cada uno de ellos; una selección de fotos de todas las aportadas inicialmente; y una categorización secundaria de otros problemas relacionados con el confort y en general con el grupo, subyacentes a los discursos establecidos.

Para llevar a cabo el análisis de todos los discursos escritos y transcritos de los testimonios orales, se utilizó minería de texto, detectando repeticiones y frecuencias de uso de palabras clave, como análisis complementario para contrastar estos términos con los destacados en la categorización realizada por los participantes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La experiencia aportó interesantes hallazgos, tanto a través de las imágenes como de los testimonios de los participantes. A lo largo de las sesiones, el grupo ganó en conocimiento de los compañeros, del edificio, y de las necesidades de otros, pudiendo ser similares a las suyas o diametralmente opuestas.

En cuanto a la operatividad de realizar este tipo de experiencias, surgen diversas dificultades: una, por tener que realizarlas en horario laboral. Durante la etapa de reclutamiento surgieron problemas por falta de seguridad ante posibles represalias, por ejemplo. En segundo lugar, las dificultades de unificar los soportes de entrega de

documentos e imágenes: una planificación previa más elaborada habría permitido crear formularios online, para rellenar individualmente los consentimientos informados, los cuestionarios de contextualización de imágenes (vinculándolas directamente), e incluso adjuntando grabaciones de audio vinculadas a las fotos para su mejor comprensión.

La digitalización y el volcado de toda esta documentación habría facilitado el trabajo posterior de análisis, a la vez que sólo habría existido un canal de recogida de datos para mejor organización de la investigación. Simplemente logándose el usuario, se habría podido superar la necesidad de firmar analógicamente los formularios, cuestionario y consentimientos informados. En este sentido esta experiencia piloto abre una vía de posibilidades para establecer mediante sistemas vinculados a internet, como formularios online, Apps móviles, u otras vías similares que utilicen sistemas inteligentes, el canal idóneo para facilitar la documentación. De este modo, las sesiones grupales podrían ser más reducidas, dejándose únicamente para el debate grupal y la categorización y selección de fotos, que debe ser presencial.

## CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

La participación del usuario en la gestión energética del edificio existente no sólo es conveniente, sino que además es posible, incluso en edificios singulares, y terciarios. A través de técnicas cualitativas se puede obtener información muy útil para posteriormente elaborar estrategias más adecuadas a las necesidades reales, cuantificando otras variables o incluso estableciendo métodos mixtos. Photovoice ha resultado una herramienta muy útil, y ha cumplido las expectativas de concienciación y compromiso del grupo, a la vez que ha servido para elaborar un discurso sobre carencias detectadas sobre el confort del espacio de trabajo, y la proposición de soluciones a estas carencias. Establecer una planificación de recogida de datos utilizando soportes digitales e internet puede ser una buena medida para simplificar las sesiones de trabajo, canalizar en una sólo vía toda la documentación a analizar, y para facilitar también un soporte común sobre el que trabajar individualmente tanto los participantes como la facilitadora. Por último, esta técnica puede combinarse con otra forma de obtención de datos, como la cuantificación de parámetros ambientales mediante monitorización, por ejemplo, así como enriquecerse de métodos inteligentes de análisis de datos masivo, entre otras soluciones actuales.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), a su Dirección y a todos aquellos usuarios que participaron activamente en la investigación con la aplicación de Photovoice, así como a quienes facilitaron documentación escrita, gráfica y en general a aquellos cuyas aportaciones han enriquecido este trabajo.

## REFERENCIAS

- Castells, M. (2000). Globalización, sociedad y política en la era de la información. Revista Bitácora Urbano Territorial, (4), 42-53. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=74810408>
- Cuerdo Vilches, M.T. (2017). La participación del usuario en la gestión energética de edificios: aplicación del método photovoice en espacios de trabajo. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Cuerdo-Vilches, M.T., Navas-Martin, M.A. (2015): El empoderamiento del usuario como agente co-gestor ambiental del edificio a través de la gamificación. Comunicación en el II Congreso Internacional CICSE. Sevilla.
- Hernández y Hernández, D., Ramírez-Martinell, A., & Cassany, D. (2014). Categorizando a los usuarios de sistemas digitales. Revista de Medios y Educación, 44, 113-126.
- Sánchez Carrero, J., & Contreras Pulido, P. (2012). De cara al prosumidor: producción y consumo empoderando a la ciudadanía 3.0. Revista ICONO14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes.
- Valencia, Á., Arias, M., & Vázquez, R. (2010). Ciudadanía y conciencia medioambiental en España. Opiniones y Actitudes - CIS (Vol. 67). Recuperado a partir de <http://www.cis.es/cis/opencms/-Archivos/Publicaciones/OyA/OyA67a.pdf>.



## SRI FOR BUILDINGS: APOYO A LA COMISIÓN EUROPEA EN LA DEFINICIÓN DE UN INDICADOR DE INTELIGENCIA PARA LOS EDIFICIOS DE LA UE28

**María Fernández Boneta**, Research Project Manager, Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)

**Resumen:** En noviembre de 2016 la Comisión Europea presentó un paquete de medidas para favorecer la descarbonización de la Unión Europea, proponiendo la actualización de varias Directivas clave en materia energética. La propuesta de actualización de la EPBD (Energy Performance of Buildings Directive - Directiva 2010/31/UE) incluye la definición de un nuevo indicador de inteligencia para los edificios (“smartness indicator”) que podrá ser adoptado de forma voluntaria por los Estados miembros. El proyecto europeo SRI (Smart Readiness Indicator for buildings) tiene como objetivo el apoyo técnico a la Dirección General de Energía de la Comisión Europea, proporcionando una metodología robusta y armonizada con el fin de determinar un SRI para los edificios de la Unión Europea.

**Palabras clave:** Indicador, Inteligencia, SRI, Smartness Indicator, Servicios, Funcionalidades, Tecnologías Inteligentes, Metodología, Ponderación, Criterios de Impacto

### ANTECEDENTES

A finales de noviembre de 2016 la Comisión Europea presentó un paquete de medidas encaminado a la actualización de varias directivas en el campo de la eficiencia energética, energías renovables, diseño y regulación del mercado eléctrico [1].

Uno de los aspectos relevantes de la propuesta para actualizar la Directiva de eficiencia energética de los edificios (EPBD) es aprovechar mejor el potencial de las tecnologías inteligentes. Se estima que una mayor adopción de estas tecnologías genere un importante ahorro de energía de una manera rentable, a la vez que mejore el confort de los usuarios, haciendo que el edificio se adapte a sus necesidades. Además, los edificios inteligentes han sido identificados como los elementos clave de los futuros sistemas energéticos, en los que habrá una mayor cuota de energías renovables, suministro distribuido y flexibilidad energética, que también se gestionará desde el lado de la demanda (infraestructura de movilidad eléctrica, generación de electricidad in-situ, almacenamiento de energía).

La propuesta de modificación de la Directiva incluye básicamente los siguientes conceptos, en relación con la inteligencia de los edificios:

- La introducción de sistemas de automatización y control de edificios (BACS, Building Automation and Control System) como alternativa a las inspecciones físicas.
- El uso de los Códigos o Reglamentos de construcción para apoyar el despliegue de la infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica (requerimientos mínimos).
- La introducción de un 'Indicador de Inteligencia para Edificios' (llamado “smartness indicator” en la propuesta) para evaluar la preparación tecnológica de los edificios para interactuar con sus ocupantes y el entorno energético y para operar de manera más eficiente.

El 19 de diciembre de 2017 se alcanzó un acuerdo provisional para la revisión de la EPBD, en el que se concluye que la implantación del SRI en los Estados miembros será opcional y se basará en dos instrumentos legales para su regulación a nivel europeo, incluyendo su definición, metodología de cálculo y modalidades técnicas de implementación, dando el control a los Estados miembros (a través del Comité EPBD) en la implantación del indicador. Este acuerdo provisional incluye un anexo técnico (Anexo Ia) [2] que establece un marco para la definición y metodología de cálculo del indicador.

## PROYECTO

El estudio técnico “Smart Readiness Indicator for Buildings” (SRI) [3] comenzó en marzo de 2017 y se extenderá hasta julio de 2018, con el fin de investigar más a fondo el alcance, la definición y el cálculo de este SRI, también con el objetivo de una evaluación más detallada de su posible impacto a nivel de la UE. El objetivo fundamental es el de proporcionar apoyo técnico a la Dirección General de Energía de la Comisión Europea con el fin de apoyar las negociaciones y el proceso de decisión sobre la posible introducción del indicador.

Los objetivos del estudio son:

- La cuantificación y evaluación del impacto de las tecnologías inteligentes en los edificios.
- La propuesta de una metodología armonizada para calcular y presentar el SRI de un edificio.
- La comparación de distintos escenarios políticos mediante un análisis de impacto.

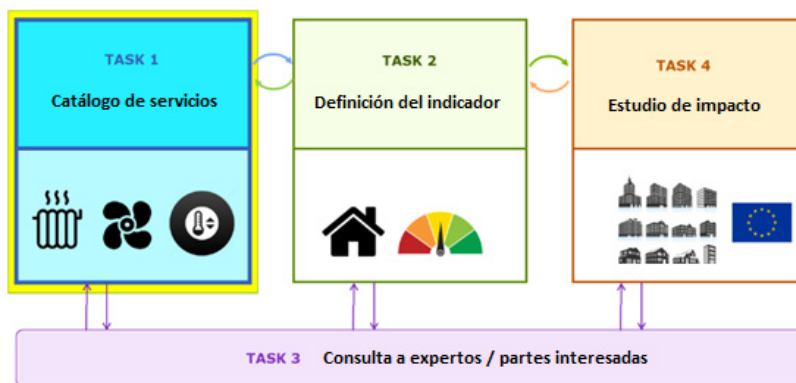


Figura 1. Visión general de las tareas del proyecto.

En este contexto, el Departamento de Energética Edificatoria de CENER participa en la Tarea 3 como parte interesada, integrándose en el equipo de expertos que forman parte de las rondas de consulta para la definición iterativa del catálogo de servicios, la definición del indicador y el análisis de impacto.

## Catálogo de servicios

La primera tarea del proyecto y sentando las bases de la metodología de cálculo del futuro indicador, se ha consensado con las partes interesadas un catálogo de servicios general en una estructura jerárquica, clasificando los servicios dentro de diez dominios. Algunos de los servicios son servicios agregados, que se componen de los denominados subservicios como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 2.

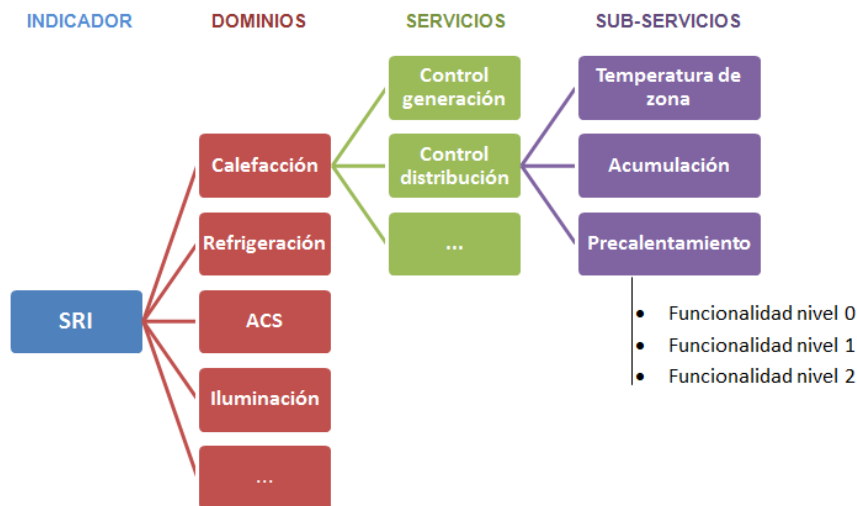


Figura 2. Estructura jerárquica de servicios.

El catálogo de servicios se ha desarrollado en base al análisis documental que incluye el estudio de normas como la EN 15232 [4], hojas de ruta, iniciativas existentes y otros estudios. En el contexto del proyecto, se ha compuesto un primer catálogo de servicios inteligentes clasificados en base a los siguientes 10 dominios o ámbitos del edificio:

1. Calefacción: almacenamiento, generación, distribución y emisión de calor.
2. Agua caliente sanitaria: eficiencia de la distribución, generación y acumulación.
3. Refrigeración: acumulación, control de emisores, generación y consumo.
4. Ventilación mecánica: control del caudal de aire y de la temperatura del aire interior.
5. Iluminación: control del nivel de iluminación artificial y de luz natural.
6. Envolverte dinámica: control de ventanas, sus persianas o elementos de protección solar.
7. Generación de energía: generación in-situ y un posible uso local, así como la flexibilidad brindada a la red.
8. Gestión de la demanda: flexibilización de la demanda mediante control de equipamiento e impacto en la infraestructura de red.
9. Carga de vehículos eléctricos: carga del vehículo, almacenamiento o inyección en red.
10. Monitorización y control: registro de datos a través de sensores integrados en el TBS (Technical Building System) para control y toma de decisiones.

El catálogo de servicios y funcionalidades se ha diseñado con el objetivo de ser modulable y flexible, permitiendo añadir nuevos servicios, a la vez que mantiene la neutralidad técnica. Cuenta con una recopilación inicial de 92 servicios con distintos niveles de funcionalidades, pero se ha llevado a cabo un proceso de simplificación y racionalización reduciéndolo hasta 50, con el objetivo de mejorar la viabilidad de la metodología. A partir del mismo, se identificaron las siguientes 8 categorías de impacto para cada servicio integrado, a contemplar en el marco de la metodología de cálculo del SRI:

1. Ahorro de energía: evalúa el impacto sobre el ahorro directo de energía en el edificio.
2. Flexibilidad para la red eléctrica y almacenamiento.
3. Autoconsumo: generación eléctrica in-situ con el fin de proporcionar una mayor autonomía en términos de seguridad de suministro al edificio.

4. Confort: ganancia subjetiva de confort proporcionada al usuario (percepción consciente e inconsciente del entorno físico, incluido el confort térmico, acústico y visual).
5. Comodidad: evalúa la facilidad de uso para el ocupante, por ejemplo requiriendo menos interacciones manuales.
6. Salud: es un impacto importante para todos los servicios.
7. Mantenimiento y predicción de averías: desde el punto de vista de gestión de instalaciones.
8. Información a los ocupantes: evalúa hasta qué punto el edificio y sus subsistemas pueden transmitir información al ocupante sobre la operación del edificio.

## Metodología armonizada

Actualmente, la metodología prevista para el cálculo del SRI en el contexto del proyecto es la de una evaluación multicriterio basada en los impactos estimados de las funcionalidades inteligentes presentes en un edificio. Utilizando los ocho criterios de impacto descritos anteriormente, el modelo genérico se convertiría en:

$$SRI = A \times a + B \times b + C \times c + D \times d + E \times e + F \times f + G \times g + H \times h$$

Dónde:

A - H = puntuación de impacto (de 0 a 100) para cada una de las 8 clases de impacto

a – h = la ponderación de impacto (de 0 a 100%) para cada una de las 8 clases de impacto

Cada servicio puede ser cubierto con funcionalidades con un nivel distinto de inteligencia que varía desde 0 hasta 4, dependiendo del servicio. A modo de ejemplo se muestra la siguiente tabla para el servicio de control de la emisión o distribución de calefacción, contenido en el dominio de calefacción.

Nivel de funcionalidad		CRITERIOS DE IMPACTO							
		Ahorro de energía	Flexibilidad para la red	Autoproducción	Confort	Comodidad	Salud	Mantenimiento	Información
Nivel 0	Sin control automático	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel 1	Control automático centralizado	+	0	0	+	+	0	0	0
Nivel 2	Control individual por estancia	++	0	0	++	++	0	0	0
Nivel 3	Control individual por estancia con comunicación con el BACS	++	0	0	++	+++	0	+	0
Nivel 4	Control individual por estancia con comunicación con el BACS y control de presencia	+++	0	0	++	+++	0	+	0

Tabla 1. Ejemplo niveles de funcionalidad para el sub-servicio control de emisión de calefacción y su evaluación en función de los criterios de impacto.

Para cada servicio y nivel de funcionalidad identificados en el catálogo, se ha valorado (por el momento de forma provisional), el nivel de impacto sobre cada uno de los criterios considerados mediante una escala que oscila desde ---, --, -, 0, +, ++, hasta +++. Los siete niveles de la escala indican lo fuerte que es el impacto positivo o negativo sobre cada criterio. Esta escala original puede traducirse a una escala numérica (+ = 1, ++ = 2, +++ = 3...) que permita el cálculo de la puntuación total por impacto y dominio en función de los criterios de ponderación seleccionados.

La metodología propuesta hasta el momento en el contexto del proyecto, implica los siguientes pasos o etapas:

- Identificación del caso: según el tipo de edificio, zona climática, etc., es necesario adaptar la metodología (lo que significa principalmente el filtrado adecuado de dominios y servicios).
- Identificación de los servicios involucrados en el caso.
- Asignación del nivel de funcionalidad alcanzado para cada servicio involucrado según el catálogo.
- Puntuación asociada a cada servicio de acuerdo con los criterios de impacto para el caso objeto y la puntuación máxima alcanzable.
- Suma de la puntuación por dominio para el caso de estudio y de la puntuación máxima alcanzable.
- Suma ponderada (por dominios) para cada criterio de impacto (caso de estudio y puntuación máxima del caso de estudio).
- Suma ponderada (por criterios de impacto) del caso de estudio y de la puntuación máxima para el caso de estudio.
- $SRI (\%) = \text{puntuación edificio objeto} / \text{puntuación máxima posible edificio objeto}$ .
- Traducción de SRI (%) a una escala heurística (por ejemplo, A - G), fácilmente interpretable para el consumidor.



Figura 3. Medida del nivel de inteligencia del edificio (SRI).

## Ejemplo

Una hipotética casa unifamiliar semi-inteligente, que incluye:

- Control de los emisores de calefacción con válvulas termostáticas, con compensación climática del sistema y optimización de arranque/parada.
- Control de la generación de calefacción en función de la demanda mediante variación de la consigna de temperatura de impulsión.
- Monitorización y control por control remoto (a través del teléfono móvil) del sistema de calefacción.
- Generación de históricos de consumos de energía.
- Punto de carga básico de vehículo eléctrico.

Bajo la metodología de SRI simplificada, este edificio obtiene un 59% de la puntuación respecto a la puntuación potencial máxima para este edificio que representa el 100%.

La ponderación de los impactos por dominio aplicado en este ejemplo se muestra en la Tabla III y los ocho criterios de impacto se han ponderado por igual ( $1/8 = 12.5\%$ ). Sin embargo, éstos podrían ser ponderados de manera diferente para dar más protagonismo a algunos impactos frente a otros.

Dominio	CRITERIOS DE IMPACTO							
	Ahorro de energía	Flexibilidad para la red	Autoconsumo	Confort	Comodidad	Salud	Mantenimiento	Información
CALEFACCIÓN	53%	2.5%	0%	40%	10%	10%	10%	7%
ACS	14%	2.5%	0%	10%	10%	10%	10%	7%
REFRIGERACIÓN	7%	2.5%	0%	15%	10%	10%	10%	7%
VENTILACIÓN MECÁNICA	4%	2.5%	0%	10%	10%	10%	10%	7%
ILUMINACIÓN	8%	2.5%	0%	10%	10%	10%	10%	7%
ENVOLVENTE DINÁMICA	4%	0%	0%	5%	10%	10%	10%	7%
GENERACIÓN IN-SITU	0%	2.5%	80%	0%	10%	10%	10%	7%
GESTIÓN DE LA DEMANDA	0%	40%	10%	5%	10%	10%	10%	7%
CARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO	0%	40%	10%	0%	10%	10%	10%	7%
MONITORIZACIÓN Y CONTROL	10%	5%	0%	5%	10%	10%	10%	37.0%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabla II. Ponderación empleada en el caso de estudio de tipología unifamiliar.

## CONCLUSIONES

La metodología SRI debe ser lo suficientemente flexible como para adaptarse a un contexto específico (tipología de edificio, clima, contexto local, preferencias del usuario, etc.). Debe permitir tener en cuenta la presencia o ausencia de servicios y TBS (Technical Building System), y también tener en cuenta la prioridad relativa (ponderación) a aplicar en base a los dominios y a los criterios de impacto. Para el éxito del SRI (si éste es implantado en la práctica) es necesario estructurar la metodología para que su propuesta de valor supere su coste de implementación de cara a su público objetivo. La metodología propuesta cumple con estas premisas. Sin embargo, en el estado actual del proceso político asociado al desarrollo del indicador, la importancia o peso que se le puede llegar a dar a los distintos criterios de impacto es desconocida.

## AGRADECIMIENTOS

A VITO, coordinador del proyecto “SRI for buildings” por invitar a CENER a contribuir en el desarrollo de este interesante proyecto y a la Asociación KNX Internacional por su apoyo y colaboración en el transcurso del mismo.

## REFERENCIAS

- [1] <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>
- [2] <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A8-2017-0314&language=EN#title1>
- [3] <https://smartreadinessindicator.eu/>
- [4] UNE-EN 15232:2014. Eficiencia energética de los edificios. Impacto de la automatización, el control y la gestión de los edificios.

# PLATAFORMA DE DIGITALIZACIÓN PARA EDIFICIOS PATRIMONIALES

**José L. Hernández**, Ingeniero-Investigador, Fundación CARTIF  
**Pedro Martín Lerones**, Director Área Patrimonio, Fundación CARTIF  
**David Olmedo Vélez**, Ingeniero-Investigador, Fundación CARTIF  
**Peter Bonsma**, Director Técnico, RDF Ltd.

**Resumen:** El patrimonio, dentro del sector de la edificación, supone un reto para las nuevas tecnologías. La carencia de documentación provoca que las analíticas para la evaluación y la conservación de dichos edificios sean mucho más complejas. Por tanto, es necesario crear un catálogo digital sobre el patrimonio y, además, enriquecerlo con datos semánticos de manera que conservadores, arquitectos o cualquier otro actor involucrado en este proceso pueda obtener información digital del patrimonio. Bajo este contexto, el artículo presenta una arquitectura de plataforma de digitalización que obtiene datos a través de diversas fuentes para integrarlas en un repositorio BIM (Building Information Modelling) y enriquecerlo con información semántica.

**Palabras clave:** BIM, Patrimonio, Digitalización, Semántica, INCEPTION

## INTRODUCCIÓN

Las iniciativas europeas (EC, 2002) establecen el objetivo de reducir la demanda de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a los edificios. Sin embargo, en el conjunto de la UE-27, aproximadamente el 40% de las viviendas se construyó antes de los años 60 y otro 40% entre 1961 y 1990 (BPIE, 2011). Por lo tanto, una gran parte del conjunto actual de edificios son construcciones antiguas que pertenecen al patrimonio histórico y sus limitaciones relacionadas. Los edificios históricos y el patrimonio cultural son casos particulares donde las cuestiones de conservación y preservación restringen la posibilidad de actuación.

Aún más, estos edificios no están diseñados según los patrones de eficiencia energética, presentando un alto nivel de consumo de energía y condiciones de bajo confort. Es por ello que los edificios históricos son responsables de una gran cantidad de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, debido, entre otros aspectos, a patologías derivadas de sus condiciones constructivas (García et al., 2015). Por lo tanto, el análisis del rendimiento energético es fundamental a través de las herramientas de diagnóstico disponibles. Por tanto, existe una gran necesidad de cerrar la brecha entre la conservación de edificios, a través de un método integral de diagnóstico y monitorización.

Sin embargo, la complejidad para aplicar las técnicas de diagnóstico y conservación en estos edificios es muy elevada debido a la carencia de documentación e información útil. En muchos casos, los documentos constructivos originales no existen o se han deteriorado. De esta manera, el primer paso en el proceso es digitalizar el edificio histórico, siendo el objetivo de este artículo una propuesta de plataforma de digitalización de la información.

Para llevar a cabo el trabajo, el proyecto INCEPTION (INCEPTION, 2015) tiene como objetivo principal realizar innovaciones en el modelado 3D del patrimonio cultural a través de un enfoque inclusivo para la reconstrucción tridimensional dinámica de artefactos, edificios, sitios y entornos sociales. En este contexto, se requiere una plataforma para digitalizar e integrar la información proveniente de las herramientas de captura de datos, así como enriquecer la información para proporcionar un catálogo del patrimonio y permitir el diagnóstico, así como la conservación de tales edificios singulares.

## CONTEXTO DE DIGITALIZACIÓN EN PATRIMONIO

Tal y como se ha introducido, la digitalización del patrimonio es un aspecto complejo debido a la carencia de información en mucho de los casos. Con tal fin, a fotogrametría se ha utilizado ampliamente para obtener modelos digitales 3D de sitios valiosos a partir de un conjunto de fotografías (Lerones et al., 2010). Sin embargo, en términos generales, vale la pena señalar que esta técnica está orientada principalmente a la resolución de formas bien definidas (como conos, cilindros o polígonos planos).

Las formas complejas se adquieren preferiblemente utilizando escáneres láser 3D (sensores activos). De hecho, los escáneres láser a veces pueden ser una alternativa y siempre son un complemento de las técnicas de

fotogrametría, como se (Lerones et al., 2010). La superficie objetivo se escanea automáticamente a la resolución deseada mediante el láser de medición, de modo que las coordenadas geométricas (X, Y, Z) de cada punto recorrido por el rayo láser se obtienen con respecto a la ubicación del escáner (distancia).

Ambas tecnologías son adecuadas para la digitalización veraz del patrimonio cultural y cualquiera que sea la tecnología utilizada, se obtiene una nube de puntos para una densidad espacial deseada. Además, las coordenadas de color (R, G, B) de cada punto medido también se pueden obtener proyectando sus coordenadas geométricas en un dispositivo de imagen en color conectado al escáner. La nube de puntos resultante se puede procesar para construir un modelo 3D poligonal que consiste en una malla triangular que describe fielmente la superficie medida en forma y dimensiones.

Por tanto, se puede concluir que el proceso de digitalización de patrimonio es una actividad que día a día va creciendo en tendencia. Sin embargo, todavía quedan flecos abiertos puesto que la información que se extrae con las técnicas que se mencionan en los párrafos anteriores simplemente representa datos gráficos sobre la geometría y estructura del patrimonio. Dicha información tiene que ser enriquecida para parametrizar los elementos y otorgarles las características constructivas, por ejemplo, valores de transmitancia, etc. De esta manera, el objetivo es llegar al concepto hBIM (heritage BIM) que se trata de un BIM cuya información se encuentra enriquecida con semántica para proporcionar información adicional sobre preservación y conservación que es habitual en modelos BIM comunes (INCEPTION, 2015).

## PLATAFORMA DE DIGITALIZACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, una plataforma de digitalización es necesaria para integrar la información de las fuentes de adquisición de datos. Su arquitectura se muestra en la Figura 9 (INCEPTION, 2017).

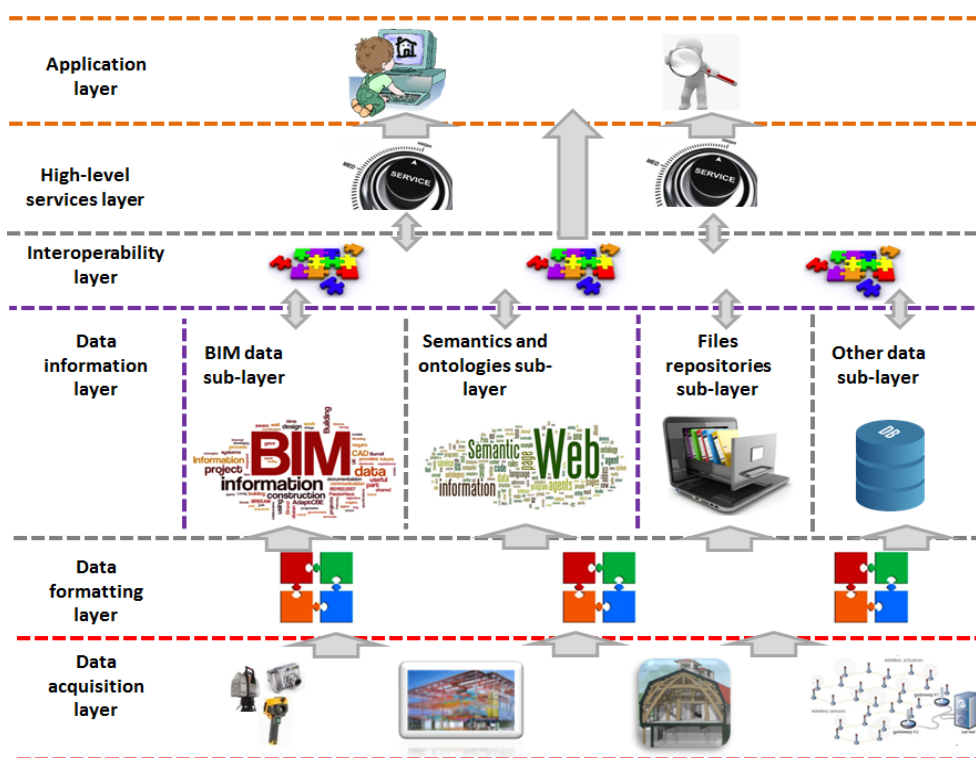


Figura 9. Plataforma de digitalización.



Básicamente, se trata es una arquitectura multicapa donde las interfaces de comunicación se identifican a través de las flechas. Dicha comunicación no siempre es bidireccional. Las seis capas de las que se compone son:

- Capa de adquisición de datos dedicada a la recopilación de datos de diferentes recursos que son:
  - o Redes de sensores que, aunque no son comunes en este tipo de edificios, cada día más monitorización para conocer el estado de conservación y de mantenimiento (por ejemplo, humedades, daños estructurales, etc.) está desplegada.
  - o Herramientas de modelado que requieren la intervención humana y tratan de obtener información gráfica del edificio, como puede ser ficheros CAD (Computer-Aided Design) u otros formatos.
  - o Equipos de medida, especialmente escáneres laser que proporcionan nubes de puntos 3D y otra información valiosa como geometría, color o reflectividad. Más equipos de medida se encuentran identificados en la Figura 2.



Figura 2. Fuentes de datos para edificios patrimoniales.

- La capa de formato de datos es la que traduce la información heterogénea procedente de las fuentes de datos al lenguaje de los repositorios de datos en la capa de información de datos.
- La capa de información representa los repositorios en el software INCEPTION y está principalmente dedicada a almacenar datos BIM, información semántica, archivos y otro tipo de datos, como información dinámica de sensores de campo (por ejemplo, humedad en paredes, una variable clave para mantenimiento predictivo del patrimonio). Esta capa es la que propiamente representa el concepto hBIM donde se combina el modelo BIM y semántica para proporcionar información valiosa sobre el patrimonio.

- La capa de interoperabilidad se centra en proporcionar una API (Interfaz de programación de aplicaciones) para permitir el acceso a los datos en los repositorios. De esta manera, esta capa proporciona una forma común y estándar de acceso a la información.
- Capa de servicios de alto nivel, donde se incluyen los servicios de gestión de datos que no están relacionados con la visualización, sino la agregación de datos o la provisión de inteligencia a la plataforma.
- La capa de aplicación se enfoca en la visualización tanto en el navegador web como en las aplicaciones móviles.

## Formatos de intercambio de datos

Como se extrae de la sección anterior, existen múltiples fuentes de datos con diversos protocolos de comunicación y, por tanto, formatos para el intercambio de información. Algunos de ellos se destacan en la Tabla III (INCEPTION, 2017), siendo IFC el seleccionado

Formato de datos	Descripción
RDF (Resource Description Framework)	RDF admite la creación y el procesamiento de metadatos definiendo una estructura predeterminada. Los datos RDF se pueden representar utilizando XML (eXtensible Markup Language), una estructura triple o un gráfico. Solo la representación gráfica permite la interpretación semántica del esquema RDF. Todos los elementos del triple son recursos con la excepción del último elemento (el <objeto>) que también puede ser literal.
OWL (Web Ontology Language)	OWL es un estándar W3C y es un lenguaje para procesar información en la web. Está construido sobre RDF y fue diseñado para ser interpretado por computadoras y analizado por aplicaciones.
IFC (Industry Foundation Classes)	IFC es un estándar que se creó por primera vez en 1994 para el contexto de la construcción. Desde que IFC 2x3 se lanzó en 2006 (y más tarde IFC 2x3 Final e IFC 2x3 TC1) se ha hecho cada vez más popular para su uso en proyectos de la vida real. IFC está destinado a ser utilizado por todas las disciplinas en la industria de la construcción y único estándar abierto nativo que admite varias disciplinas diferentes. Todos los principales vendedores de CAD y una amplia variedad de otras aplicaciones tienen soporte para IFC. IFC lleva la vista del modelo basada en objetos, incluida la geometría en 3D (y en parte 2D), así como las propiedades e interrelaciones entre los objetos.
DAE (Collada)	COLLADA (COLLABorative Design Activity) es un formato de archivo de intercambio para aplicaciones 3D interactivas. Es administrado por el consorcio de tecnología Khronos Group y ha sido adoptado por ISO como una especificación públicamente disponible, ISO / PAS 17506.
E57 (ASTM E2807 standard)	El formato E57 es capaz de almacenar nubes de puntos, pero es un formato complejo. El formato de archivo es especificado por ASTM, una organización internacional de estándares, y está documentado en el estándar ASTM E2807. Junto al estándar, se crea una 'implementación de referencia' para hacer que los estándares sean más atractivos y fáciles. Su implementación de referencia se llama libE57 y está escrita en C++ y las fuentes están disponibles.

Tabla III. Formatos de intercambio de información.

## PRUEBA DE CONCEPTO: CASTILLO DE TORRELOBATÓN

La plataforma anteriormente descrita se ha desplegado en el Castillo de Torrelobatón situado en la provincia de Valladolid, España. Data del siglo XIII, aunque su totalidad fue construida mediados del siglo XV. Los principales materiales son sillería y hormigón. Los muros son muy altos y forman un cuadrado con cubos circulares en tres de sus esquinas (de unos 20 metros de altura y 10 de lado) y una torre cuadrada del Homenaje (de unos 40 metros de altura, 20 de lado y 5 de grosor).

Para llevar a cabo la prueba de concepto, se ha realizado un modelo BIM partiendo de un escaneado láser, como se ilustra en la Figura . A partir de la información proporcionada por el escáner láser se puede reconstruir la geometría del castillo, tal y como se observa en la parte derecha de la misma imagen. Una vez se obtiene la información geométrica, el siguiente paso es enriquecer el modelo con datos característicos de la construcción de manera que se obtenga el modelo BIM (o hBIM). El modelo se puede observar en la Figura y se encuentra almacenado en el BIM Server dentro de la capa de información de la plataforma, cuyo formato es IFC como modelo de datos utilizado para el intercambio de información entre las entidades de la plataforma.



Figura 3. Nube de puntos de uno de los muros del Castillo.

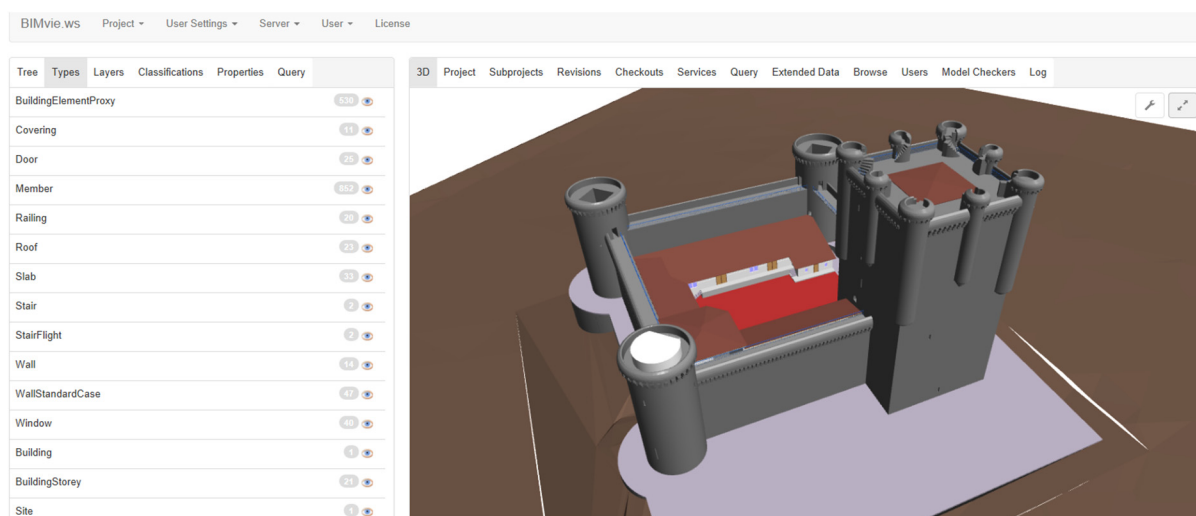


Figura 4. Modelo BIM del Castillo.

A partir del modelo BIM, se puede extraer información filtrada, por ejemplo, en este caso, los muros externos. De todos los muros, se selecciona uno para la prueba de concepto que se corresponde con el IFC-ID 'OmtbiAhLDDcxiiFgqppzck' y que tiene una serie de parámetros. La finalidad es enriquecer la parametrización de dicho muro, proporcionando su valor de transmitancia (U-value). Se observa debajo, en negrita, el valor de U (2.75 W/m<sup>2</sup>) con el que se enriquece el modelo.

```
#153= IFCWALLSTANDARDCASE('OmtbiAhLDDcxiiFgqppzck',$, 'Muro b\\X\\E1sico:Fuerte Cilindrico Castillo Torrelobaton - 2500 mm:195516',$, 'Muro b\\X\\E1sico:Fuerte Cilindrico Castillo Torrelobaton - 2500 mm:157255',$, $, '195516', '2.74');
```

Sin embargo, no es tan sencillo, si no que los conjuntos de propiedades (property-sets) de IFC deben extenderse para este objeto IFC (i.e. IfcWallStandardCase). En el caso del ejemplo, la organización inteligente del edificio ya ofrece una propiedad denominada "transmitancia térmica" en la que se puede establecer el valor U. En este sentido, la forma de determinar la estructura de los parámetros es la redefinición de los esquemas IfcProperty o IfcPropertySet. Ambos esquemas están basados en XML, cuya definición contiene el conjunto de propiedades que un objeto podría modelar. Luego, al aumentar el número de parámetros dentro de estos esquemas, la inclusión de propiedades adicionales se estandarizaría para permitir que el software externo lea los nuevos valores. A continuación, se ilustra un ejemplo en el que el conjunto de propiedades Pset\_WallCommon se amplía con un nuevo parámetro sobre la medición dinámica del valor U.

```

<PropertySetDef xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns="http://buildingSMART-tech.org/xml/psd/PSD_IFC4.xsd">
<Name>Pset_WallCommon</Name>
  <PropertyDef ifdguid="INCEPTION_U_VALUE">
    <Name>MeasuredUValue</Name>
    <Definition>
      Proof of concept example value
    </Definition>
    <PropertyType>
      <TypePropertySingleValue>
        <DataType type="IfcLabel"/>
      </TypePropertySingleValue>
    </PropertyType>
  </PropertyDef>

```

## CONCLUSIONES

La digitalización del patrimonio existente se hace necesario permitir el diagnóstico, la conservación y preservación del mismo. Sin embargo, la documentación de dicha tipología de edificios se encuentra obsoleta o, incluso, no existe. Es por ello que tecnologías actuales se están implantando en este contexto para digitalizar los edificios históricos de manera que se pueda obtener un catálogo digital. Hasta el momento, la mayor parte de los esfuerzos se ha concentrado en caracterizar los edificios constructiva y geoméricamente a través de escáneres láser, nubes de puntos e información 3D.

Sin embargo, los datos 3D anteriormente mencionados no son suficientes para caracterizar completamente los edificios históricos. Información adicional es necesaria para enriquecer los modelos y proporcionar el concepto hBIM que proporciona soporte a los expertos a la hora de conservar dicho patrimonio. Por ello, la plataforma que se ha presentado en este artículo permite integrar datos heterogéneos de múltiples fuentes de datos para enriquecer los modelos de manera semántica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al resto del consorcio su ayuda y soporte durante el proyecto, así como a la Comisión Europea por la financiación del proyecto bajo el Grant Agreement # 665220.

## REFERENCIAS

- Buildings Performance Institute Europe, online, <http://bpie.eu/>, accedido 11 de abril 2018.
- Consorcio INCEPTION, 2017, D3.1 Alpha version of the integrated software architecture for H-BIM graphic-semantic interoperability, Proyecto INCEPTION, Ferrara, Italia.
- Directive 2002/91/EC, Energy performance of buildings, online, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0091>, accedido 10 de abril 2018.
- García-Fuentes, M.A., Hernández, J., Meiss, Al. Colla, C., 2015, Comprehensive diagnosis methodology integrating NDT, energy performance simulation and monitoring techniques for energy efficient historic buildings refurbishment, 6th Emerging Technologies in Non-Destructive Testing, Bruselas, Bélgica.
- Martín Lerones, P.; Llamas Fernández, J.; Melero Gil, A.; Gómez García-Bermejo, J.; Zalama Casanova, E., 2010, A Practical Approach to Making Accurate 3D Layouts of Interesting Cultural Heritage Sites Through Digital Models, Journal of Cultural Heritage, 11(1), 1-9.
- Proyecto INCEPTION, online, <https://www.inception-project.eu/en>, accedido 11 de abril 2018, GA # 665220.

## SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL Y MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN VRF

**José María Redondo Martín**, Ingeniero de Control y BMS, LG Electronics Business Solution

**Resumen:** Las incidencias de mantenimiento correctivo inmediato en sistemas VRF, incurren en gastos de intervención que incrementan los costes de explotación. Esto se debe a la escasa información y seguimiento de las instalaciones. Pero actualmente con las herramientas basadas en IoT (BIoT), permite la creación de aplicaciones que reciben el volcado de datos en tiempo real en la nube y nos facilita el acceso a través de internet desde cualquier parte del mundo. De esta forma conseguimos optimizar los costes de mantenimiento del edificio durante todo el ciclo de vida del edificio inteligente.

**Palabras clave:** VRF, HVAC, Control Remoto, IoT, BIoT, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo

### INTRODUCCIÓN

Las soluciones aplicadas a los edificios inteligentes han experimentado en los últimos veinte años una evolución tecnológica que nos ofrece la posibilidad de conocer en todo momento lo que está pasando en cada uno de los subsistemas del edificio. Estos subsistemas pueden ser por ejemplo las instalaciones de clima HVAC (HVAC: Heating Ventilation and Air Conditioning), la iluminación, el control de accesos o la monitorización del consumo eléctrico de todo el edificio. Sin embargo, esta evolución tecnológica en ocasiones no llega a implementarse en los proyectos reales o si se implementa, a veces, no se utiliza de manera satisfactoria para poder sacar todo el provecho.

### EL VALOR DE LA INTEGRACIÓN Y EL CONTROL EN LA VIDA ÚTIL DEL EDIFICIO INTELIGENTE

Sabemos que la realidad de los proyectos de edificios, en ocasiones, nos lleva a soluciones de integración y control en ocasiones muy limitadas o ausentes debido a partidas de proyecto que se diluyen en las diferentes fases de las adjudicaciones o incluso al ser eliminadas para reducir costes y conseguir “encajar” en el proyecto a pesar de haber sido incluidas en las especificaciones del proyecto.

Debemos considerar que los proyectos edificios inteligentes han de exigir un espacio en toda la cadena de proyecto, desde el inicio hasta la ejecución final de obra, mediante una clara especificación en proyecto y una buena supervisión por parte de la dirección facultativa del mismo. De lo contrario la evolución tecnológica no podrá ser implementada en instalaciones reales.

Respetando este espacio dentro de la especificación del proyecto de ejecución, con los sistemas de control e integración incluidos, podremos conseguir edificios inteligentes, edificios con consumo casi nulo e incluso edificios con costes de mantenimiento optimizados al máximo.

### INTEGRACIÓN EN INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN VRF

Las instalaciones de climatización basadas en VRF (VRF: Variable Flow Refrigerant), son cada vez más populares en los edificios inteligentes del mundo entero debido a la continua mejora en el rendimiento y la eficiencia energética de los mismo.

Los fabricantes de estas soluciones suelen usar una comunicación interna para controlar y monitorizar todas y cada una de las partes funcionales de la instalación, como por ejemplo la apertura de la electroválvula de la unidad interior, temperaturas de consigna e impulsión o la frecuencia de funcionamiento del compresor de la unidad exterior.

Tradicionalmente estas comunicaciones son propietarias desde el origen de la propia tecnología VRF, pero con la evolución tecnológica mencionada anteriormente y la necesidad de disponer de una integración con protocolos abiertos para sistemas de control y monitorización del edificio (BMS: Building Management System) han obligado

a los fabricantes a desarrollar pasarelas de comunicaciones con terceros. Estas pasarelas tienen el objetivo de actuar como un traductor entre el BMS o sistema de control del edificio y los sistemas de climatización VRF. Uno de los protocolos más utilizados para la integración de los sistemas VRF al mundo del control del edificio hoy en día es BACnet: Building Automation Control Network. Aunque en función del país donde se ejecute el proyecto esto puede variar entre protocolos como MODBUS TCP, KNX o LONWORKS.

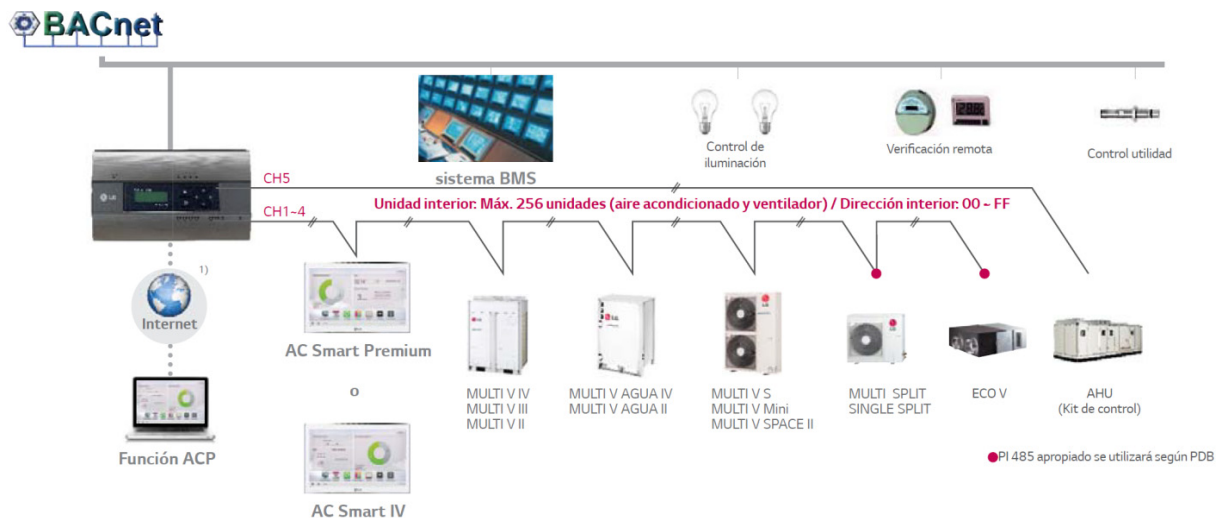


Figura 1. LG - ACP BACnet[1]: Advance Control Platform pasarela a BACnet.

## ETHERNET PARA LA CONEXIÓN A IOT

Los componentes avanzados de control no solo permiten realizar las funciones de pasarela entre protocolos (por ejemplo: LG a BACnet), también nos permiten usar el dispositivo vía *Ethernet* [2] dándonos la opción de conectarlo a una red interna conectada a Internet mediante un router suministrado por una compañía proveedora de soluciones de Internet. A menudo estos router pueden ser cableados mediante fibra óptica o inalámbricos basados en redes de telefonía móvil y datos 3G/4G.

Una vez la plataforma de control avanzada está conectada a internet podemos utilizar toda la información de la instalación para volcarla en la nube y poder controlar y monitorizar todos los elementos de la misma.

## CLOUD COMPUTING EN INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN VRF

La gestión de todos estos datos en tiempo real de la instalación de VRF se vuelca de manera continua en servidores informáticos como puede ser MS AZURE: Microsoft Azure IoT, uno de los ejemplos de aplicación IoT o Building IoT que mediante el *Cloud Computing* registra, almacena, ordena y pone a disposición de las herramientas de gestión remota basadas en páginas web, como LG BECON Cloud [3], todos los datos funcionales de la instalación VRF.

Mediante estas herramientas de gestión remota de las instalaciones se consiguen las siguientes ventajas:

- Acceso remoto mediante internet
- Monitorización y control de la instalación
- Acceso mediante PC o dispositivos portátiles/móviles
- Aviso de fallos
- Consulta de históricos y tendencias pasados
- Reportes de instalación

## MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES VRF MEDIANTE BECON CLOUD

El mantenimiento de una instalación de VRF junto con la solución *LG BECON Cloud* [2] permite cambiar por completo la gestión del edificio inteligente en cuanto al tratamiento del mantenimiento.

De esta forma, en el caso del mantenimiento correctivo, pasamos de un mantenimiento correctivo de primera visita a la instalación para investigar la causa del error y una segunda visita de corrección del mismo, a un mantenimiento correctivo en el que podamos atacar directamente el foco del problema sin necesidad de investigar el origen del mismo.

En el momento en el que se produce un fallo, el sistema de control avisa mandando un correo electrónico a la lista de receptores correspondiente, ya bien sean los responsables de mantenimiento o los responsables propios de la instalación. A partir de este momento se dispone de la información específica del “Código de error” de nuestra instalación.

Equipo	Proyecto	Dirección	Unidad / Zona	Código Error	Descripción
IDU	[LG-SPAIN]PS1804	02-13	Sala Juntas	04	Fallo Bomba de Drenaje

Tabla 1. Reporte de código de error.

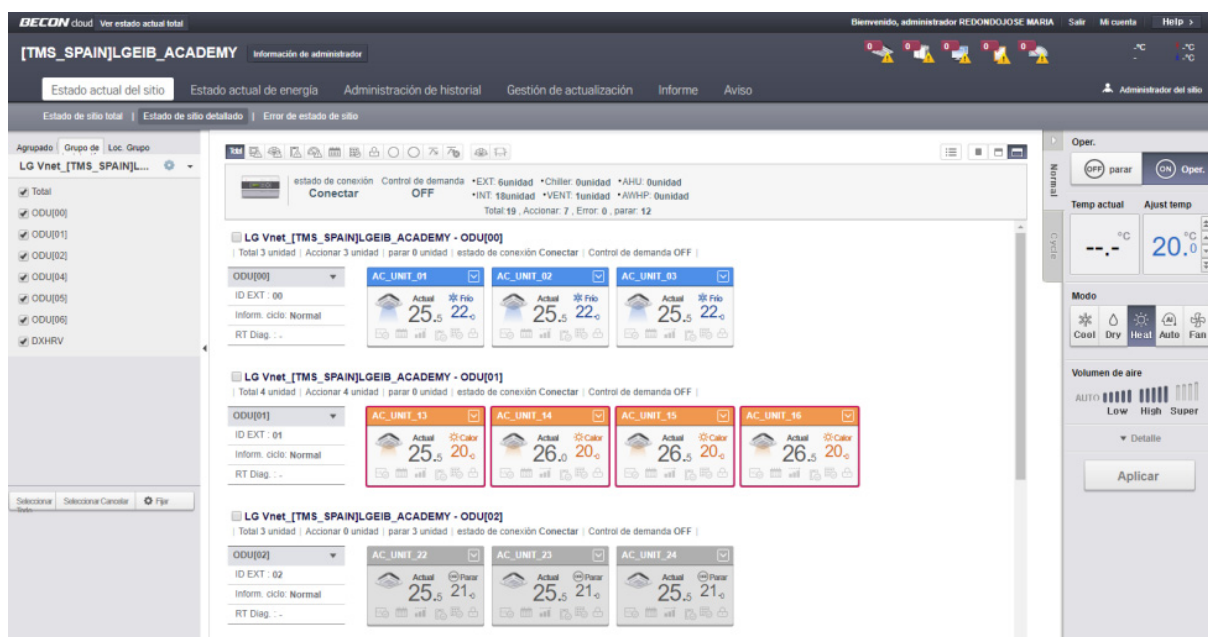


Figura 2. Estado de la instalación.

Además, la herramienta no solo nos especifica en que unidad interior o exterior está el fallo (Dirección: 02-13), si no que incluso se puede consultar la tendencia de valores previa a la incidencia y poder saber cual ha sido el desencadenante de la incidencia.

Por otro lado, desde el punto de vista del mantenimiento predictivo, conociendo los patrones de funcionamiento de las instalaciones VRF, podemos detectar anomalías en el funcionamiento de los sistemas VRF analizando las tendencias y evoluciones de los parámetros habituales de funcionamiento.

Por último, también se pueden generar informes de reporte e incluso monitorizar el consumo eléctrico de la instalación, siempre y cuando instalemos los componentes de medición en campo adecuados.

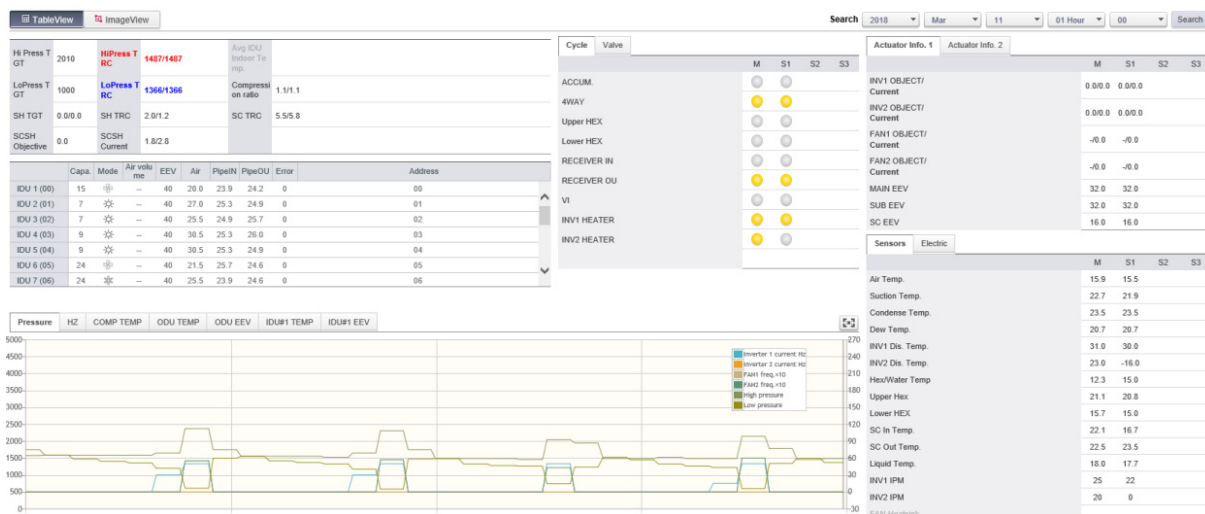


Figura 3. Tendencia y seguimiento de variables.

## CONCLUSIONES

Para que un edificio sea verdaderamente inteligente debemos instalar en ellos sistemas de control y considerar el ciclo de vida completo del edificio. Dentro de este ciclo de vida los costes de mantenimiento juegan un papel fundamental, por lo que, al ser un punto crítico de influencia dentro de los costes de explotación del edificio, nos permite poder actuar e implementar soluciones que optimizan dichos costes. Gracias a las nuevas tecnologías basadas en IoT podemos tener el control completo del edificio y poder hacer un correcto seguimiento de la instalación tanto del mantenimiento correctivo como del mantenimiento predictivo.

Los sistemas de automatización de edificios conectados entre si y a su vez conectados a soluciones IoT son el presente de los verdaderos edificios inteligentes del mañana.

## REFERENCIAS

- [1] LG ELECTRONICS, 2018, ACP BACnet - Installation Manual.
- [2] Rinaldi & Marshall, 2016, Industrial Ethernet 3rd Edition, I.S.A books.
- [3] LG ELECTRONICS, 2018, BECON Cloud Reference Manual.

- <https://azure.microsoft.com/es-es/> (12 abril 2018)
- <http://www.lg.com/global/business/ems/lg-becon-energy> (18 marzo 2018)
- <https://www.lgpartner360.es/uploads/aire-acondicionado/PQNFB17C0.pdf> (12 abril 2018)



## KONE CONNECTED 24/7 - SERVICIOS INTELIGENTES PARA ASCENSORES

Áurea Gómez, Directora de RRHH, Comunicación y Marketing, KONE Elevadores  
Laura Pascual, Jefa de Comunicación Externa y Marketing, KONE Elevadores

**Resumen:** Los smart buildings o edificios inteligentes se han convertido en uno de los temas de actualidad. La aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en los sistemas de gestión de edificios está suponiendo un punto y aparte para el sector y aportando grandes ventajas a los residentes de los edificios. La necesidad de dotar de inteligencia a los edificios tiene múltiples objetivos entre los que destaca el ahorro de energía, la seguridad o la fluidez de los desplazamientos. KONE Elevadores en cooperación con IBM ha hecho que los ascensores sean más inteligentes. Los ascensores KONE se conectan con la nube, lo que permite recopilar grandes cantidades de datos sobre su funcionamiento, monitorizarlos y analizarlos en tiempo real a través de la plataforma IoT Watson. De esta forma, es posible adaptar un plan de mantenimiento para cada equipo en concreto, mejorando su rendimiento, fiabilidad y seguridad.

**Palabras clave:** Mantenimiento, Inteligente, Internet de las Cosas, Inmótica, Digitalización, Ascensores Conectados, Conectividad, Mantenimiento Predictivo

### LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Actualmente existen dos megatendencias que influyen en la forma de vida en los entornos urbanos:

La continua **urbanización** implica un desarrollo constante de nuevas soluciones que permitan vivir en ciudades cada vez más extensas y verticales, y la **disrupción tecnológica** potencia nuevas formas de comunicarse y satisfacer las necesidades de los clientes.

Con 200.000 personas moviéndose a las ciudades cada día, es imprescindible desarrollar soluciones inteligentes que fomenten una vida urbana sostenible y cómoda.



*Figura 1. La urbanización y el desplazamiento hacia las ciudades hacen necesarias nuevas soluciones para los entornos urbanos.*

La digitalización está cambiando la forma de vivir y de trabajar. Los rápidos avances en las capacidades de sensores, conectividad, análisis y tecnologías móviles están redefiniendo muchos sectores industriales, donde el uso de dispositivos inteligentes es cada vez más frecuente y diagnóstico por software o las técnicas de venta basadas en

la realidad virtual se están arraigando cada vez más. Dentro de los sectores industriales, el sector del automóvil, en particular, está consolidando cada vez más una reputación como creador de tendencias de digitalización.

Actualmente, la digitalización presenta un gran desafío y una oportunidad para una amplia gama de sectores. Tendencias como el aumento de la conectividad móvil, el aprendizaje automático y de datos, la impresión 3D, la computación en la nube, las interfaces de programas de aplicaciones (API) y la economía colaborativa han roto las barreras tradicionales de entrada y acelerado la velocidad del cambio. Empresas como Amazon, Uber y Google lideran la transformación digital y la forma en que otros jugadores tradicionales se adapten a estos cambios determinará su rol en el futuro de la industria.

Hoy el ritmo del cambio se está acelerando. Las tecnologías de IoT (Internet de las cosas) están teniendo un impacto en toda la cadena de valor. El análisis de Big Data debería ayudar a las marcas y a las empresas a comprender los océanos de datos disponibles para mejorar la experiencia del cliente y usuario.

La digitalización está teniendo un impacto en otros sectores clave de la industria, en particular, aquellos que involucran el movimiento de personas. Por ejemplo, las redes de transporte público están implementando nuevas soluciones de emisión de boletos y facturación y seguimiento GPS en tiempo real para mejorar la eficiencia. La industria del automóvil puede estar marcando el paso, pero la adaptación de soluciones digitales que hacen que el desplazamiento de personas sea más fluido para todos será una realidad en el futuro. Eso significa que los cambios en la industria de ascensores y escaleras mecánicas ya están sucediendo en este momento.

## La necesidad de soluciones inteligentes para el desplazamiento de personas

El número de rascacielos en las ciudades en crecimiento se adapta a las miles de personas que migran a las áreas urbanas del mundo. A medida que la infraestructura se vuelve más inteligente, los planificadores urbanos pueden mover grandes cantidades de ciudadanos de forma rápida y segura durante todo el día. Las mismas necesidades se aplican a los edificios.

¿Cómo se pueden diseñar los edificios que mejor permiten a miles de personas moverse de forma rápida, eficiente y segura en su vida cotidiana? Del mismo modo críticamente, ¿qué tipo de servicios inteligentes puede poner en marcha para garantizar que estos entornos de ciudades tan pobladas funcionen correctamente?

El Internet de las Cosas está impulsando una nueva generación de edificios inteligentes que se adaptan mejor a las necesidades de los ciudadanos y de las ciudades del futuro. La interconectividad entre los dispositivos de los edificios inteligentes permite a los sistemas operativos proporcionar una información más precisa y útil que se puede analizar y posteriormente utilizar para ofrecer una mejor experiencia a los usuarios. Los ascensores KONE hablan con la nube y miden los parámetros 15.000 veces al día permitiendo obtener una gran cantidad de datos que se pueden monitorizar, analizar y visualizar en tiempo real, a través de sensores instalados en los equipos.

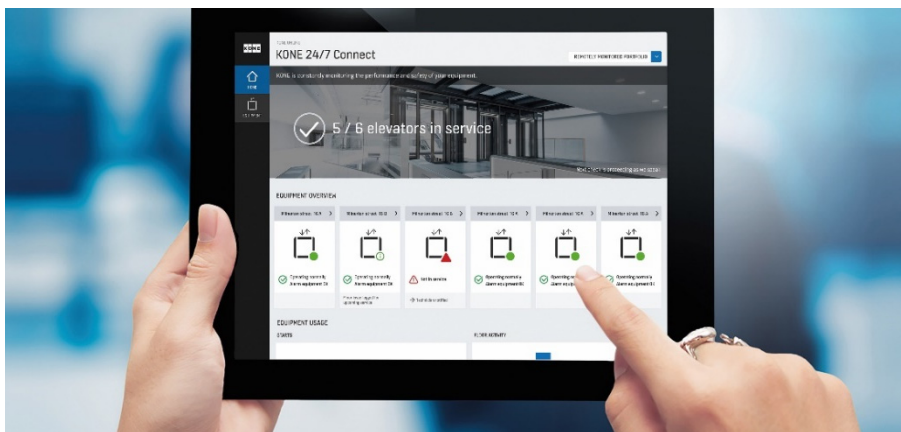


Figura 2. Seguimiento del estado de los equipos en tiempo real a través de aplicaciones web.

## ¿Qué es KONE Connected 24/7?

KONE Connected 24/7 es un servicio de diagnóstico 24 horas que recopila información sobre los principales parámetros de funcionamiento, estadísticas de uso y posibles fallos. Todos los datos se envían en tiempo real al servicio Cloud de KONE, donde se analizan.

Los datos son procesados por un sistema de análisis avanzado IBM Watson y si el sistema identifica una necesidad de mantenimiento, alerta a un técnico de inmediato o contacta con la asistencia técnica o el servicio de atención al cliente, según el tipo de incidencia. El técnico asignado al equipo recibe información sobre la necesidad de servicio y realiza una actuación inmediata en caso de urgencia o la programa para la próxima visita de mantenimiento.

Paralelamente, el cliente recibe notificaciones claras de todas las acciones que se llevan a cabo para el mantenimiento de su ascensor y puede consultar de forma online tanto los informes generados como las actuaciones correctivas realizadas.



*Figura 3. Los técnicos reciben en su dispositivo móvil las necesidades de servicio identificadas por IBM Watson.*

En un proceso tradicional de mantenimiento el cliente detecta una avería y la reporta al Centro de Atención al Cliente de KONE, que envía un mensaje al operario para que acuda al aviso. Una vez en la instalación, el técnico detecta la avería y solicita los recambios necesarios, espera a su recepción y se desplaza una vez más a la instalación para solucionar la incidencia.

Con el nuevo servicio KONE Connected 24/7 es el propio ascensor el que remite un aviso al Centro de Atención al Cliente y éste a su vez, envía al técnico para la reparación de la avería con los repuestos necesarios en su vehículo, solucionando la incidencia rápidamente. El nuevo sistema, permite actuar en base a datos reales obtenidos en tiempo real, lo que permite tomar decisiones inteligentes que reducen tanto los tiempos de respuesta como de reparación de una avería.

## Beneficios para los clientes de KONE Connected 24/7

Utilizando la última tecnología, los ascensores ahora pueden decir lo que piensan y mantener a los técnicos de mantenimiento un paso por delante. Con estos servicios inteligentes se consigue un funcionamiento más óptimo, reparaciones más rápidas y mayor tranquilidad para los clientes y usuarios.

Los ascensores están conectados las 24 horas y los 7 días de la semana, y KONE también. Si ocurre una incidencia con el equipo, la información detallada permite diagnosticar la causa y su nivel de urgencia. Al observar el funcionamiento de los equipos de forma constante permite una acción rápida ante cualquier incidencia.

Cuando se detectan fallos, el sistema alerta automáticamente a un técnico y se informa de inmediato al cliente para que pueda planificar con anticipación y a su conveniencia las futuras necesidades de mantenimiento.

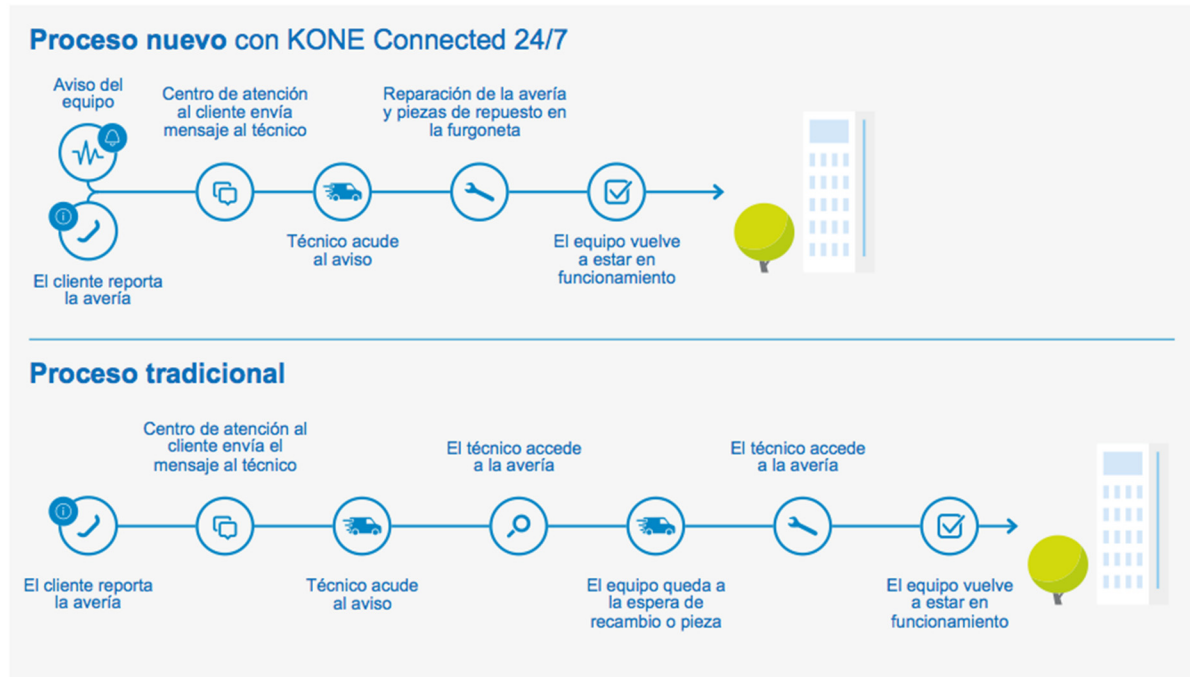


Figura 4. Comparativa proceso tradicional con nuevo proceso KONE Connected 24/7.

## Grandes expectativas

La digitalización está aumentando claramente las expectativas del servicio. En esta nueva era digital, los usuarios buscan niveles de servicio más altos y mejoras continuas en el *engagement* y experiencia del cliente.

En el mundo de los ascensores, las escaleras mecánicas y soluciones People Flow, al igual que en los sectores automoción y de servicios públicos, las empresas que finalmente tendrán éxito serán aquellas que no solo entiendan el nuevo entorno digital y los componentes de la digitalización, sino que también tengan las herramientas y soluciones para aprovechar esos componentes y utilizarlos para brindar valor real a sus clientes.

# SISTEMA INTELIGENTE EN EL PABELLÓN DEPORTIVO DE LORCA O CÓMO APROVECHAR TODA LA TECNOLOGÍA PARA GESTIONAR DE FORMA EFICIENTE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

Miguel Ángel Oliva, Técnico Mantenimiento, Ayuntamiento Lorca

**Resumen:** Sistema de gestión inteligente para el control de un Centro Deportivo en Lorca. Desarrollo tecnológico integral para el control y uso eficiente de los recursos energéticos del pabellón deportivo con 4 piscinas cubiertas climatizadas, salas de fitness, restaurantes, etc., más de 7000 m<sup>2</sup> de pura energía, con un consumo mínimo en sus instalaciones gracias a su optimización automatizada. Teletask es la tecnología ideal para este proyecto gracias a su potencia, integración y facilidad de programación.

**Palabras clave:** Inmótica, Teletask, BusDoIP, Potencia, Control, Sencillez, Garantía, Solvencia, Robustez

## INTRODUCCIÓN

El sistema de control Teletask implantado en el Pabellón Rey Felipe VI de Lorca, es un claro ejemplo de la potencia que dispone esta tecnología y de sus posibilidades de programación.

En este caso el sistema controla la iluminación del complejo en todas sus salas, la climatización y la temperatura de las piscinas interiores, control de humedad, motorizaciones y sistemas de intercambiador de calor procedentes de las placas termosolares instaladas en el complejo.

Generalmente las instalaciones deportivas consumen, por un lado, energía eléctrica para alumbrado, bombeo de agua, aire acondicionado, maquinaria, etc.; por otra parte, consumen algún combustible que se utiliza para la producción de agua caliente sanitaria y para otros servicios como calentamiento de las piscinas cubiertas, zonas de SPA, etc.

A la hora de realizar la distribución del consumo de energía final de este Sector se observa que, teniendo en cuenta la gran variedad de tipología de instalaciones deportivas, según tipo de establecimientos (gimnasios, polideportivos, instalaciones para competiciones de alto nivel, etc.) situación geográfica, tipo de fuentes de energía utilizadas, etc., es difícil hacer una distribución del consumo energético de los diferentes servicios que suministra una instalación de estas características. No obstante, según estudios realizados, podemos decir que la distribución de los consumos energéticos medios para una instalación polideportiva típica es la que se representa en el siguiente gráfico:

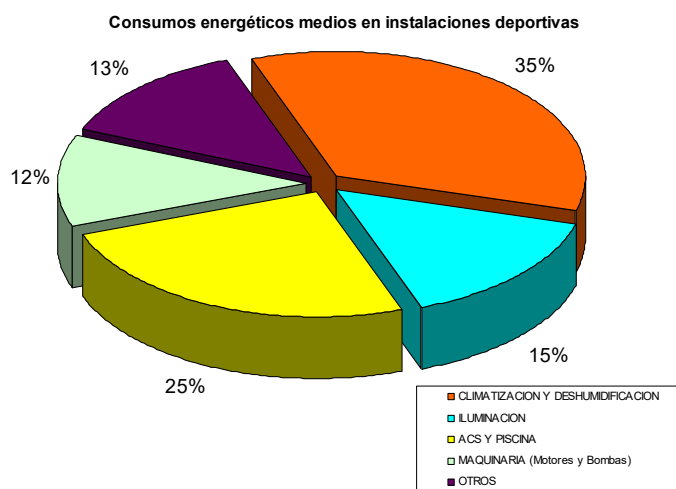


Figura 1. Distribución gasto energético en instalaciones deportivas.

Distribución del consumo energético en instalaciones deportivas (fuente Guía de Ahorro Energético en Gimnasios – Direcc. Gral. de Industria y Minas, Consejería de Economía y Empleo del la Comunidad de Madrid).

Como podemos observar, las partidas destinadas a climatización, producción de agua caliente e iluminación, son las principales consumidoras de energía de una instalación deportiva. Por lo tanto los principales esfuerzos a la hora de realizar inversiones en ahorro y eficiencia energética han de ir dirigidos a la reducción de dichos consumos, bien mediante la utilización de los equipamientos más adecuados (por ejemplo, elección del tipo de luminarias en el caso de iluminación, o calderas más eficientes en el caso de producción de ACS, etc.) o bien mediante la utilización de tecnologías que optimicen dichos consumos en función de la demanda real de cada servicio del complejo deportivo.

## DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

### Climatización y ACS, Piscinas Climatizadas

El mayor reto al que nos enfrentamos en este proyecto fue el de coordinar el sistema de producción de ACS para las piscinas del complejo (Figura 1 y 2), llevarlas a temperaturas de confort y mantenerlas con el máximo rendimiento de la generación térmica solar.



*Figura 2. Piscina Olímpica climatizada del complejo*



*Figura 3. Piscina infantil climatizada del complejo.*

Una manera ecológica y sostenible, de obtener agua caliente sanitaria en los edificios, es mediante el aprovechamiento de la radiación solar, utilizando para ello una instalación solar térmica. Dicha instalación se encarga de captar la radiación solar incidente, a través de unos paneles -captadores- solares térmicos en los que se calienta un líquido, obteniendo así energía térmica útil. Dicho líquido es utilizado para transportar dicha energía térmica, al sistema de intercambio o de acumulación, y de ahí al punto de consumo.

En estas instalaciones, también se ha integrado el Sistema por Bus de Comunicación TELETASK para reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles, por un lado, y que participan en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, causantes del cambio climático; por otro lado, imprescindible en la consecución de los objetivos marcados para 2020 de reducción de emisiones, uso de renovables y mejora de la eficiencia energética.

El sistema Inmótico se ha programado en base a su solución SCADA para una mejor comprensión del funcionamiento de los intercambiadores por parte del personal de mantenimiento (Fig. 4).

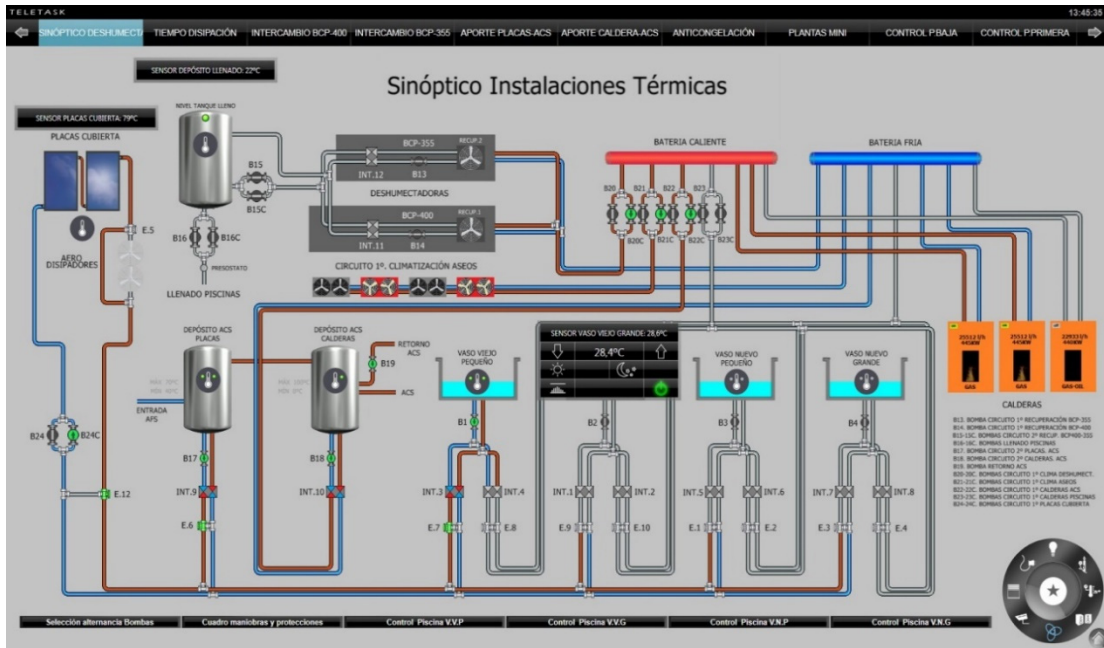


Figura 4. Esquema de válvulas de distribución de ACS a vasos de piscinas realizado con software Teletask.

El control de temperatura del centro está también automatizado, las posibilidades de programación del sistema Prosoft son realmente potentes, su entorno gráfico permite la personalización de todos los controles con una clara visión de los estados en tiempo real, averías, muestra de datos de sensores. (Fig.5).

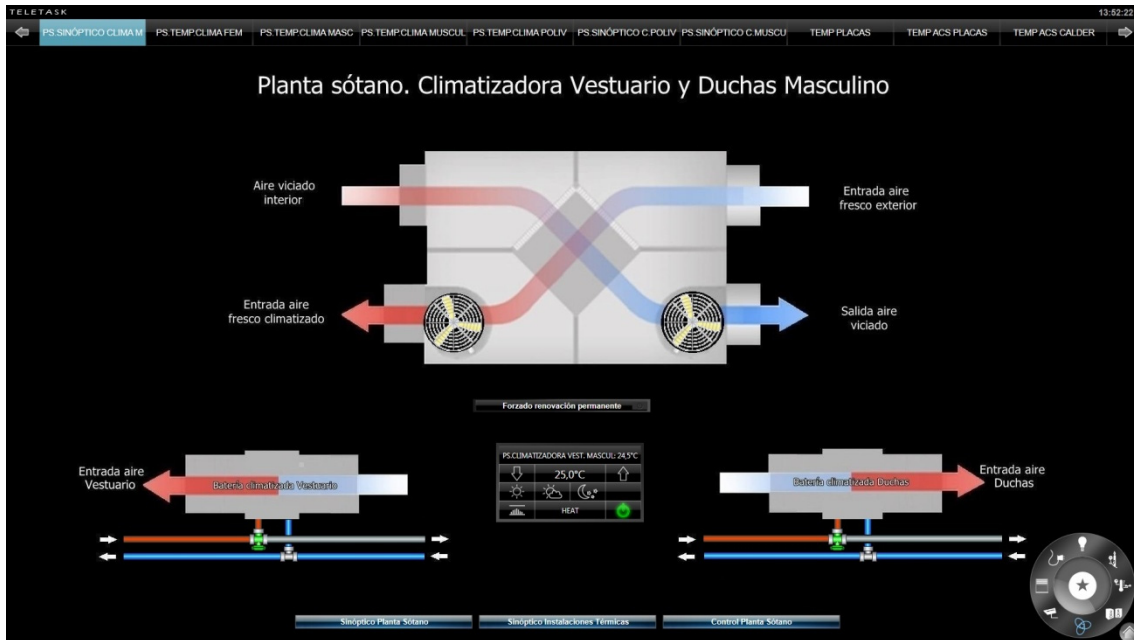
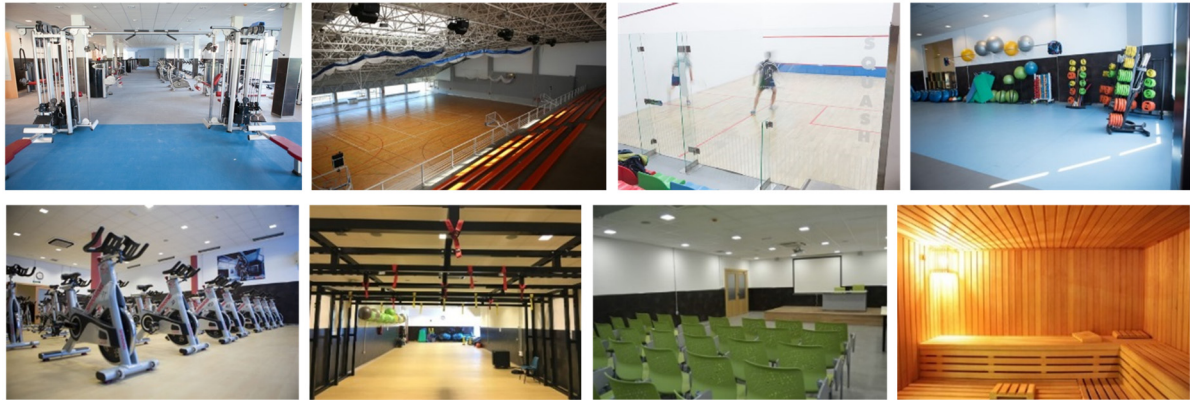


Figura 5. Esquema de intercambiador de aire caliente realizado con software Teletask.

## Iluminación

El complejo consta de un pabellón y salas de usos múltiples deportivos y de formación (Fig.6 a 13).



Figuras 6 a 13. Diferentes estancias del centro deportivo.

El control está diseñado para una rápida comprensión y configuradas las salidas de forma dinámica para activar aquellas zonas que están ocupadas, además de ubicación de sensores que permiten mantener apagadas las zonas de paso si no son transitadas (Figuras 14 y 15).



Figura 14. Esquemático de iluminación realizado por software scada GUI de Teletask.



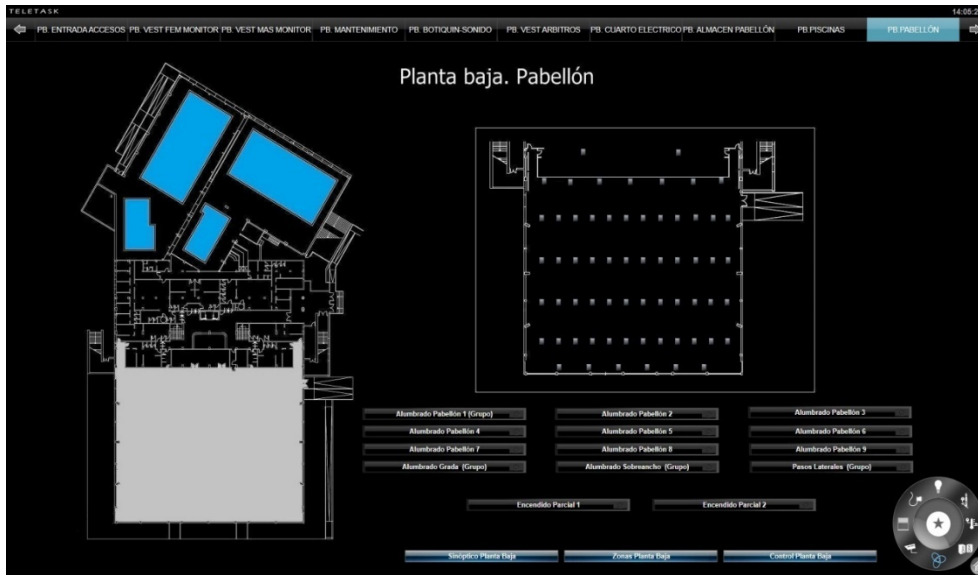


Figura 15. Esquemático alumbrado zonas del complejo deportivo realizado con software GUI Teletask.

## Aporte de Energía a Piscinas por Raciación Solar

El sistema Teletask muestra mediante gráficos que recogen datos de los sensores el mantenimiento de la temperatura óptima del agua en el vaso de la piscina principal. La programación recoge los parámetros de sensores y actuadores (Fig. 16).

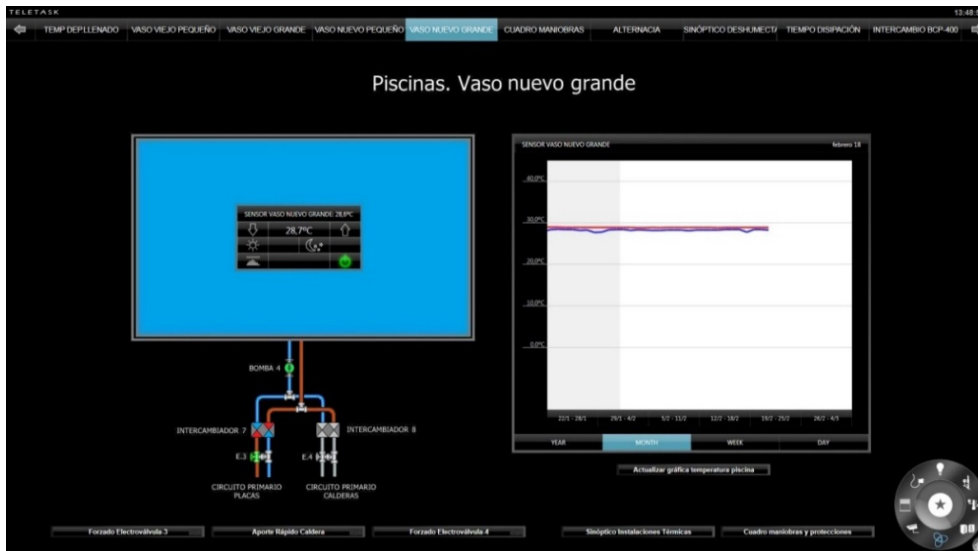


Figura 16. Esquemático control de temperatura de la piscina realizado con software GUI Teletask.

## Integración Eléctrica

Todo el sistema Inmótico se ha integrado con la instalación eléctrica del pabellón, permitiendo así un mantenimiento sencillo de la instalación.

El sistema alerta ante la caída de cualquier automático mediante mensajes al móvil del personal de mantenimiento y en la pantalla principal de control ubicado en Recepción, (Fig.17).



Figura 17. Esquema del Control eléctrico del complejo deportivo.

Los cuadros eléctricos se han dimensionado para que los módulos de control estén junto a las protecciones eléctricas, simplificando la instalación y mejorando el tiempo de respuesta ante posibles averías (Fig. 18).



Figura 18. Sistema Teletask integrado con uno de los cuadros eléctricos del pabellón deportivo.

## CONCLUSIONES

Los beneficios en cuanto al ahorro energético debido al control de iluminación se han establecido según mediciones entorno al 32%. El ahorro energético que ha supuesto el uso automatizado y las fuentes de energía renovable del intercambiador de calor, y debido también a la ubicación geográfica de Lorca con un clima muy cálido, supone un ahorro en combustible que ronda el 75% sobre una instalación convencional. El mantenimiento del sistema inmótico, tiene un coste aproximado de 550€ / año por ajustes de reprogramación. Los productos de Inmótica tienen una garantía de 5 años.

## INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTEROPERABLES PARA EDIFICACIÓN BAJO EL ESTÁNDAR IFC

**José L. Hernández**, Ingeniero-Investigador, Fundación CARTIF  
**Pedro Martín Lerones**, Director Área Patrimonio, Fundación CARTIF  
**Sonia Álvarez**, Arquitecta-Investigadora, Fundación CARTIF  
**Peter Bonsma**, Director Técnico, RDF Ltd.  
**André van Delft**, Director General, Demo Consultants  
**Richard Deighton**, Responsable software, Demo Consultants  
**Jan-Derrick Braun**, Arquitecto, Hochtief

**Resumen:** Una de las posibles definiciones de edificio inteligente es un tipo de construcción que hace uso de las tecnologías para hacer más eficiente su uso y control. Sin embargo, la integración entre tecnologías y formatos asociados que incorporan los edificios inteligentes plantea nuevos retos para la gestión de los recursos de manera armonizada. El presente artículo presenta un marco sobre el que integrar la información de los sistemas de climatización, seguridad y accesibilidad del edificio en el proceso BIM bajo el estándar IFC, siguiendo los desarrollos del proyecto INSITER (Grant Agreement 636063). La ventaja competitiva que esto supone estriba en que dichos sistemas son capaces de comunicarse en un entorno interoperable.

**Palabras clave:** INSITER, Interoperabilidad, IFC, Auto-inspección, Integración, Gestión, Mantenimiento

### INTRODUCCIÓN

Los edificios inteligentes se definen de muy diversas maneras, aunque todas ellas coinciden en la aplicación de las nuevas tecnologías a la gestión, uso y control del edificio. (ESDIMA, 2018). Estas tecnologías abarcan principalmente 4 categorías: seguridad, comunicaciones, apoyo logístico y automatización de procesos. Una de sus principales finalidades es ser eficiente en el consumo de energía y agua. De esta manera, un edificio inteligente contribuiría a lograr los objetivos establecidos por las directivas Europeas para edificios energéticamente eficientes en 2020 a través de la industrialización sostenible de los componentes arquitectónicos y estructurales (EC, 2002). Para alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, uno de los conceptos clave es la integración, lo cual está soportado por la transformación digital. Sin embargo, es importante tener en cuenta todo el ciclo de vida del edificio, desde su diseño hasta su mantenimiento. Con tal fin, el proyecto INSITER (INSITER, 2014) trata el desarrollo de herramientas para auto-inspección para reducir las discrepancias entre el diseño y construcción con respecto a la calidad y rendimiento del edificio. En este sentido, detectar y prevenir errores en etapas tempranas incrementaría la calidad de la edificación, mejor rendimiento, gestión y mantenimiento (Hernández et al., 2018).

El mayor de los retos que presenta la integración de la información, así como facilitar la gestión y el mantenimiento de los edificios es la carencia de estándares que permitan interpretar los datos de manera homogénea. Este artículo trata de dar respuesta a la interoperabilidad entre sistemas para integrar tecnologías y, así, incrementar la facilidad para su gestión y mantenimiento. Para tal propósito, se emplea metodología BIM (Building Information Modelling) cuya finalidad es optimizar todo el proceso de edificación (BuildingSmart, 2018). Sin embargo, es importante destacar que el concepto BIM se entiende de diversas formas, por ejemplo como un simple repositorio, modelo de datos, etc. En la situación de técnicas de auto-inspección, dicho concepto tiene que ser reajustado. En la práctica, los modelos BIM son muy complejos e incluyen mucha información que no se encuentra estructurada en los procesos de construcción.

Por otro lado, hay diversas fuentes que obtienen información valiosa para la gestión y mantenimiento. Desde modelos 3D de escáneres láser hasta dispositivos dinámicos de datos (es decir, sensores) pasando por imágenes 2D, como termografías (Revel et al., 2012). Su mayor hándicap radica en los diferentes protocolos de comunicación para la representación de los datos que presentan. Por lo tanto, un formato de datos común se hace necesario. Teniendo en cuenta la metodología BIM propuesta, IFC (Industry Foundation Classes) es el estándar escogido para armonizar las comunicaciones para, de esta forma, incrementar la interoperabilidad entre los sistemas del edificio inteligente y, por lo tanto, optimizar los procesos de gestión y mantenimiento del edificio.

## SOLUCIÓN DE INTEROPERABILIDAD PARA EDIFICIOS

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la interoperabilidad es un aspecto clave en la gestión de los edificios inteligentes. Existen diversos recursos de información, así como herramientas útiles para aplicar técnicas de auto-inspección y gestión de edificios. Sin embargo, una de las mayores carencias que presentan es su falta de integrabilidad. Para solventarlo, se propone el marco de interoperabilidad mostrado en la Figura (Hernández et al., 2018). La finalidad de la arquitectura presentada es armonizar los datos que representan el rendimiento de un edificio, cuyo núcleo es el BIM.

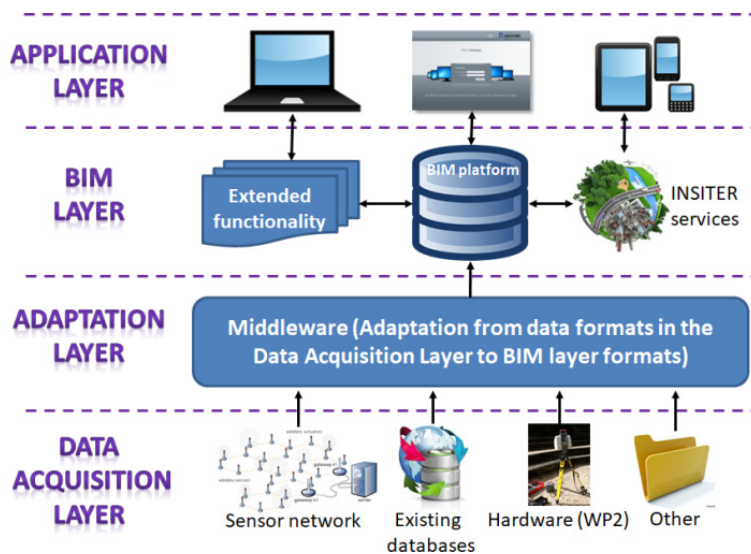


Figura 1. Marco de interoperabilidad para edificios inteligentes.

Empezando por la parte inferior, las diversas fuentes de información del edificio se incluyen en la capa de adquisición de datos (INSITER, 2016). Básicamente, las redes de sensores miden el rendimiento dinámico del edificio a través de dispositivos que miden, por ejemplo, consumo de energía, confort, gestión del agua, etc. Otro tipo de hardware es la captura de datos a través de escáner láser, termografías y sondas de sonido que permiten comprobar la calidad del edificio desde diferentes puntos de vista (Revel et. al, 2012). Adicionalmente, bases de datos existentes sobre el edificio y otra información como data-sheets o documentación también aplican a esta capa. A continuación, se encuentra la capa de adaptación que trata el ajuste de los formatos de datos de los recursos de la capa de adquisición en el modelo de datos de INSITER, es decir, IFC (INSITER, 2016). Esta adaptación se realiza a través de un middleware que traduce la información para ser insertada en el concepto “extended BIM” (xBIM) (Hernández et al., 2018) que se encuentra en la capa BIM. Dicho concepto es la integración de información a través de una combinación de repositorios como son el Open Source BIM Server para almacenar los datos estáticos (es decir, BIM) del edificio, una base de datos PostgreSQL para los datos dinámicos y el share-point para documentación. Cabe destacar que este último repositorio no trabaja bajo el concepto IFC puesto que no es viable interpretar un documento dentro del modelo de datos IFC.

Por último, la capa de aplicación trata de los servicios de alto nivel para la gestión y mantenimiento de los edificios inteligentes. Algunos ejemplos son los visualizadores BIM, cuadros de mando para datos e indicadores, soporte a la toma de decisiones, etc. También tiene como objetivo permitir que los trabajadores puedan llevar a cabo análisis de calidad del edificio y permitir comunicación remota con expertos.

### Estándar para la representación del edificio

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el marco de interoperabilidad propuesto está enfocado en la utilización de la metodología BIM. Dentro del mundo TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)

existe una tendencia creciente sobre estándares de intercambio de datos, cada uno con un propósito y contexto. Algunos estándares maduros y frecuentemente utilizados, por ejemplo, DraWinG (DWG), AutoCAD y ficheros nativos de Revit (software comúnmente utilizado en modelado BIM), son propietarios o cerrados, los cuales incrementan la dependencia del software utilizado. Otras alternativas ofrecen posibilidades más abiertas, pero con un alcance limitado, por ejemplo Drawing Exchange Format (DXF) y Green Building Extensible Markup Language (gbXML) (Hernández et. al, 2018).

Sin embargo, ninguno de los estándares anteriormente mencionados cumple con los requisitos del marco de INSITER. Como consecuencia, el estándar IFC es el mejor posicionado como candidato para formato de datos común. Industry Foundation Classes (IFC) es un modelo de datos estándar (ISO 16739) y abierto, utilizado en la industria de la construcción. Entre sus ventajas se encuentra que los datos cubren el ciclo de vida del edificio: diseño, construcción, mantenimiento y operación. Además, no solo es una representación 3D, sino un modelo dinámico capaz de integrar información geométrica, estructural, rendimiento energético, seguridad, etc (BuildingSmart, 2018). Para proyectos como INSITER, el estándar IFC es el único que cubre todas las disciplinas del sector.

Entre otras características, IFC, en su versión IFC4, incluye la mejora en representación de curvas y superficies, capacidades de planificación, integración con herramientas como Microsoft Project, uso de texturas y nuevos métodos para el almacenamiento de datos geométricos. Finalmente, cabe destacar que IFC4 sigue un esquema entidad-relación con más de 700 clases que se relacionan entre sí para crear una jerarquía de representación de la información en múltiples dominios como se muestra en la Figura 2 (BuildingSmart, 2018).

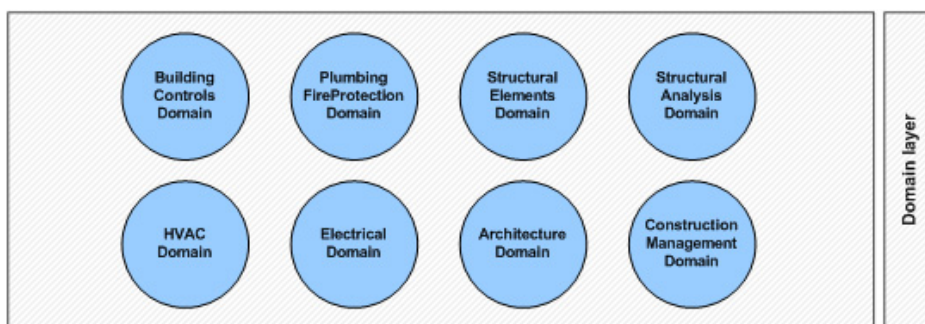


Figura 2. Dominios de representación de IFC4.

## Integración de datos dinámicos

Teniendo en cuenta que IFC4 es el modelo de datos seleccionado para la representación de la información estática del edificio y que sigue un esquema entidad-relación, la integración de datos dinámicos, provenientes principalmente de redes de sensores, utilizan modelos de datos similares. En este caso, bases de datos estructuradas son la mejor aproximación puesto que permiten representar fielmente la jerarquía que despliega IFC4. Para ello, PostgreSQL ha sido seleccionado como motor de base de datos, cuyo esquema entidad-relación se ajusta al modelo IFC4 (INSITER, 2016).

Principalmente, las clases *IfcSensor*, *IfcTimeSeries*, *IfcZone* e *IfcSpace* son las que permiten extender el modelo BIM para datos dinámicos. La primera de ellas representa el sensor, de forma que, a través de su *GlobalId* dentro del modelo BIM permite identificar unívocamente el sensor. Sin embargo, tiene que ser mapeado en el entorno físico donde el sensor tiene una dirección física.

De esta manera, los mundos físico y virtual se encuentran conectados. Por su parte, *IfcTimeSeries* representa series temporales, siendo la entidad perfecta para el almacenamiento de datos periódicos. El resto de clases permiten localizar el sensor dentro de las áreas del edificio y jerarquizarlo por zonas, espacios y plantas del edificio (INSITER, 2016). Así se forma el concepto BIM Server mostrado en la Figura 3.

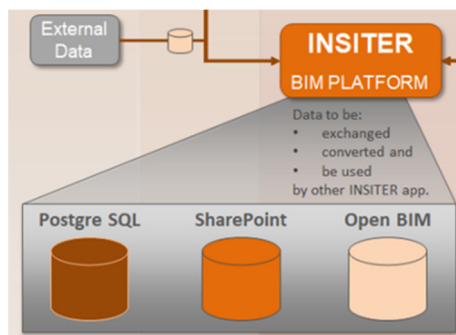


Figura 10. Concepto BIM Server.

### TECNOLOGÍA PARA INTEGRACIÓN DE DATOS

Aparte de la información estática y dinámica, otra información es valiosa para la gestión y el mantenimiento de los edificios inteligentes. Como se ha descrito, la capa de adquisición de datos incluye información 2D y 3D del edificio, obtenido a través de técnicas como escáneres láser, fotografías, termografías, etc. El gran inconveniente de estas técnicas es que cada una de ellas formatean la información de manera heterogénea y en un entorno no relacionado con BIM (Hernández et. al., 2018). Sin embargo, dentro del marco de trabajo de INSITER, los datos en

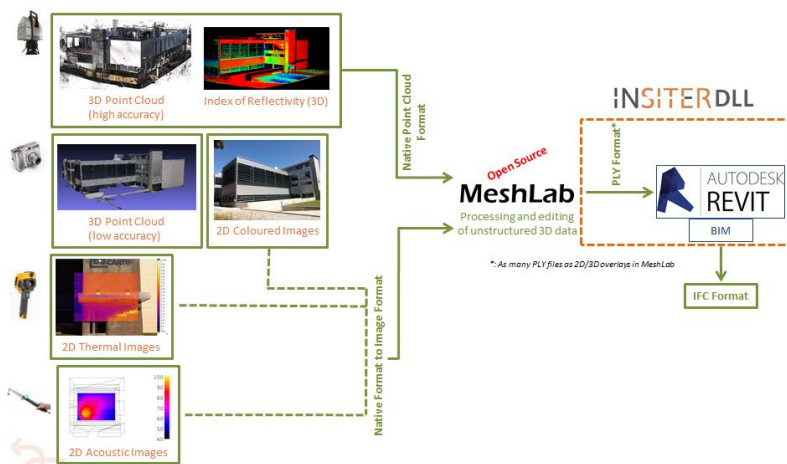


Figura 4. Metodología para la integración de datos.

IFC son necesarios para asegurar la interoperabilidad. Con tal propósito, se ha desarrollado una metodología, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, para integrar información digital en Revit para facilitar el proceso de auto-inspección. Por tanto, se ha desarrollado un plug-in específicamente diseñado para Revit con la librería Point Cloud Library (PCL) para el procesamiento de nubes de puntos (Lerones et al., 2015), como se muestra en la Figura . El plug-in es una DLL (dynamic-link library) capaz de mostrar ficheros PLY en capas dentro de un proyecto único, permitiendo analizar la información de manera armonizada. El proceso, básicamente, carga la información relacionada con las herramientas hardware para poder extraer características paramétricas para auto-inspección.



Figura 5. Imagen de la interfaz del plug-in INSITER-DLL en Revit.

## CASO DE ESTUDIO: CARTIF-III

El edificio de CARTIF-III es un edificio de oficinas situado en el Parque Tecnológico de Boecillo, en la localidad de Boecillo, Valladolid (España), construido con paneles prefabricados de hormigón. Formó parte del proyecto europeo DIRECTION (Grant Agreement 285443), cuyo límite de consumo (en energía primaria) tenía que estar por debajo de 60 KWh/m<sup>2</sup> año, siguiendo con ello las premisas de construcción de un Edificio de Energía Casi Nula. La construcción del edificio se realizó en 2011 y cuenta con una superficie construida de 4.075 m<sup>2</sup>, con un coste de 1.140,06 €/m<sup>2</sup>. Dicho edificio ha sido modelado en BIM como paso inicial del proceso de digitalización e integración de datos para gestión y mantenimiento, como se ilustra en la Figura.

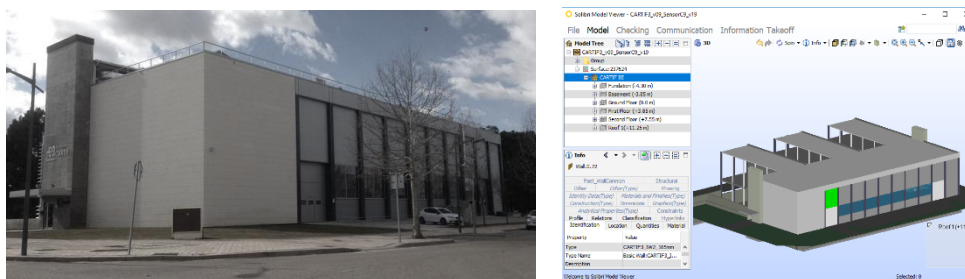


Figura 6. Imagen exterior del edificio y modelo BIM.

CARTIF-III ha sido utilizado como uno de los demostradores del proyecto y, por lo tanto, la integración de la información ha sido uno de los principales objetivos. Puesto que se trata de un edificio construido, el foco es el mantenimiento y cómo detectar errores durante esta fase del ciclo de vida del edificio. Es por ello que la metodología anteriormente descrita ha sido validada en el edificio. La Figura demuestra la inserción de información en el software Revit de datos termográficos, reflectancia (L index: materiales y humedad), información de color RGB (red-green-blue) y geometría mediante coordenadas XYZ, obtenidos mediante láser escáner e importados gracias al plug-in INSITER-DLL creado.

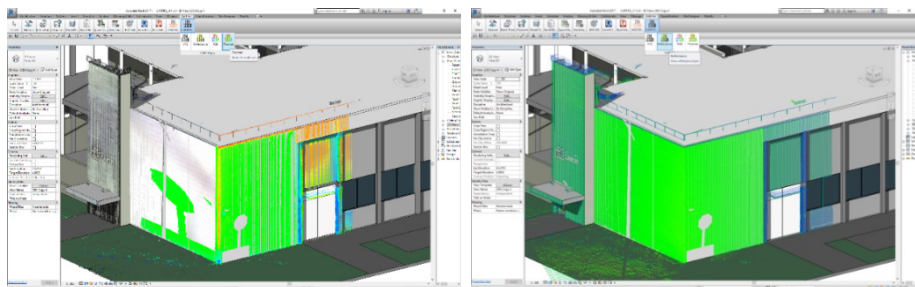


Figura 7. Imagen del modelo BIM en Revit con los datos termográficos (izq.) y de reflectancia (dcha.) añadidos mediante el plug-in.

Con respecto a los datos dinámicos de los sensores, la plataforma BIM explicada anteriormente ha sido desplegada en el edificio. Como se observa en la Figura 8, en la parte izquierda, el modelo BIM incluye un sensor de temperatura con IFC-ID = "OVE1OxL6b0nAnaUiygQBij". Ese mismo sensor está insertado en la base de datos dinámica de manera que se genere el vínculo entre ambos repositorios. Una vez que los datos están insertados, se puede extraer la información tal y como se muestra en la parte derecha de la imagen.

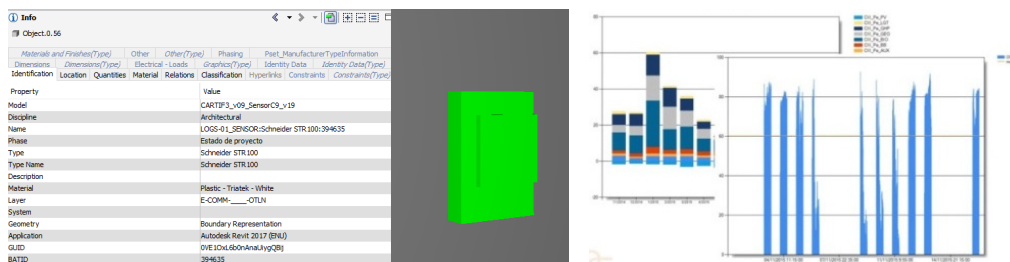


Figura 8. Mapeado de datos dinámicos.

## CONCLUSIONES

La gestión y el mantenimiento de los edificios inteligentes requieren de información y datos digitales para mostrar información útil sobre el rendimiento y calidad del edificio. Además, existen múltiples herramientas software que permiten llevar a cabo la gestión y el mantenimiento. Sin embargo, necesitan un amplio conocimiento por parte de los trabajadores, la utilización de varios servicios software y no se integran entre ellos. Como consecuencia, el proceso es más complejo. Por ello, soluciones interoperables son la clave, tal y como se ha mostrado en el artículo, en el que un marco homogéneo y armonizado se ha presentado para integrar datos de múltiples y heterogéneas fuentes. De esta manera, un simple punto de acceso facilita las tareas de gestión y mantenimiento. Para llevar a cabo este concepto, las metodologías BIM que se han utilizado permiten modelar un edificio y tenerlo perfectamente caracterizado. Sin embargo, esta información no es la única necesaria para la gestión y el mantenimiento. Datos dinámicos, información 3D o termografías son ejemplos de otros recursos de datos que permiten analizar la calidad y rendimiento del edificio. Por tanto, tomando BIM como el núcleo, se construye un modelo de integración basado en el estándar IFC, cuya ventaja es homogeneizar la información y, así, mejorar los procesos productivos de los edificios inteligentes.

## REFERENCIAS

- BuildingSmart, International openBIM Home, online: <http://buildingsmart.org>, accedido 2 abril 2018.
- Directive 2002/91/EC, Energy performance of buildings, online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0091>, accedido 10 de abril 2018.
- Escuela de diseño de Madrid, ESDIMA, ¿Qué es un edificio inteligente?, online, <http://esdima.com/que-es-un-edificio-inteligente/>, accedido 10 de abril 2018.
- Hernández, J.L.; Martín Lerones, P.; Bonsma, P.; van Delft, A.; Deighton, R.; Braun, J.-D., 2018, An IFC Interoperability Framework for Self-Inspection Process in Buildings, Buildings, 8(2), 32, doi:10.3390/buildings8020032
- INSITER Consortium, 2016, D3.1: Functional Program of Requirements for Planning and Cost; INSITER Project, Delft, Holanda.
- Lerones, P.M.; Vélez, D.O.; Rojo, F.G.; García-Bermejo, J.G.; Casanova, E.Z. Moisture Detection in Heritage Buildings by 3D Laser Scanning. Stud. Conserv. 2015, 61 (Suppl. 1), 46–54, doi: 10.1179/2047058415Y.0000000017.
- Proyecto INSITER, 2014, Intuitive Self-Inspection Techniques, online: <https://www.insiter-project.eu/en>, GA # 636063, accedido 9 abril 2018.
- Revel, G.M.; Sabbatini, E.; Arnesano, M., 2012, Development and experimental evaluation of a thermography measurement system for real-time monitoring of comfort and heat rate exchange in the built environment. Meas. Sci. Technol., 23, doi:10.1088/0957-0233/23/3/035005.



# REDES ENERGÉTICO-DIGITALES CENTRALIZADAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS Y EL COMPLEJO URBANÍSTICO

Juan A. Avellaner Lacal, Consultor energético, EYDESA  
 Jesús Fernández Alonso, Consultor tecnológico, EYDESA

**Resumen:** La eficiencia sobre el consumo de energía en los edificios es uno de los principales objetivos que se demandan desde la sociedad. Ésta debe ser vista desde todos los puntos de vista: usuarios finales, distribuidoras, tecnólogos y especialmente cubrir el ámbito legislativo y regularotio. Y, todo ello, al objeto de contribuir al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad: recursos e impactos limitados. La eficiencia tiene que ver con los diseños, la construcción, usos e infraestructuras energéticas de suministro y autoconsumo. Se propone un modelo energético de suministro más centralizado, cercano a la ciudad o al distrito, que integre las MTD en eficiencia y en renovables, inteligente, esto es, gestionado por una red digital potente. Las TIC ayudan directamente a gestionar y optimizar los consumos. Los edificios se integran en unidades urbanísticas y esos objetivos pueden ser compartidos en ecosistemas más extensos. Así, los nuevos, y en muchos casos los viejos desarrollos urbanísticos deben asumir compromisos equivalentes y, por ello, desde su origen, deben ofrecer soluciones comunitarias integradoras en las que se incluyan tanto las inversiones como los futuros gastos de O+M centralizadas; y todo ello, imbricada por una red digital de gestionabilidad. Las soluciones centralizadas, permiten, la integración eficiente de generación energética híbrida (fósil y renovable); pero, exigen espacios físicos y proyectos inteligentes. Una red de alta eficiencia energética puede superar el 50% de ahorros y lograrlo con grados de diversificación también superiores al 50% de diversificación, con una reducción de emisiones de GEI por encima del 70 %. Estas centrales energéticas y sus redes energético-digitales deben contribuir a alcanzar los objetivos de COP-23, las Directivas y Leyes españolas. Los cambios de modelo deben movilizarse desde una legislación avanzada (energética, edificatoria y urbanística), con una regulación estricta (cumplimiento de los ECCN, movilidad y emisiones), y un avance sociológico decidido en el que la política local es clave.

**Palabras clave:** Redes Energético-digitales, Eficiencia Energética, Energías Renovables, Gestionabilidad, Sostenibilidad

## INTRODUCCIÓN

El uso de la energía, factor esencial del desarrollo económico de las naciones, en forma de calor o trabajo, es sin embargo la causante del 76% de las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero; el CO<sub>2</sub> contribuye con el 80% a ese efecto). Dentro de las Ciudades los edificios son elementos esenciales en el consumo de energía, pues en ellos se usan el 40% de la energía final. La energía es clave para las ciudades por los bienes y servicios que aporta; consumen casi 2/3 de la energía primaria y son responsables del 70% de las emisiones totales de GEI. Y, dentro de éste consumo, los edificios contabilizan el 40% de la energía final, emitiendo el 36% de los GEI. De la referencia [1] se han sacado ideas para este encuadre general.

En socorro del cumplimiento de objetivos medioambientales que se impone a nivel mundial, COP-23, la innovación es el principal instrumento a esgrimir. En ahorro y eficiencia energética las MTD (Mejores Tecnologías Disponibles) permiten introducir modernidad en los equipos, en la gestión, todo ello para superar las barreras al cambio, lo que obliga a sustituir equipos y sistemas por los nuevos desarrollos y no esperar a la obsolescencia económica. Por ello, la innovación debe aplicarse de forma inmediata y continua lo que obliga a soportar inversiones propias y asumir las pérdidas de la retira de equipos del ciclo anterior.

Y, entre las innovaciones que han producido un cambio en la sociedad está la digitalización de señales (sensorización de amplio espectro, órdenes, datos, imágenes, sonido) y su transmisión a altas velocidades. La sociedad de la información en la que vivimos se apoya, en gran parte en infraestructuras fijas, extensas que abarcan tantos kilómetros como las redes eléctricas; y comparten con ellas modelos de gestión e inversión parecidos. Las redes digitales transportan información, permiten la interconectividad, análisis de datos y operabilidad casi inmediata entre los sistemas energéticos (contadores, distribución, etc.), con la tendencia a integrar en una arquitectura todos los servicios, utilizando una única red conmutada por paquetes. El paralelismo entre las redes energéticas y las digitales es inmediato, como las de operación y mantenimiento, la hibridación de servicios, y a las que se les pide alta fiabilidad, disponibilidad y capacidad de transmisión. Por cierto, estos cambios en lo digital han llevado más de 20 años.

En este caso, la premura del tiempo, que toca a su fin, requiere velocidad en el cambio pues dentro de 15-20 años se podrá disponer de nuevas innovaciones que hoy se están fraguando. Esta comunicación propone una línea, entre otras muchas, que afecta a la ciudad, a la calidad del aire interno y a las emisiones de GEI. Esas ciudades, en general con un desarrollo compacto en edificios y denso en población, en la que se acumula la historia de desarrollos urbanísticos complejos lejos de los ratios de eficiencia actuales; se convierten en una de las llaves en la lucha contra el CC. La ciudad compacta es más eficiente que los desarrollos urbanísticos más dispersos, por mayores unidades de suministro que aumentan la eficiencia (rendimiento, control, regulación) reducción de pérdidas por transporte, y economías de escala en los equipos.

En ese contexto, los ciudadanos, por un lado, demandan calidad del aire, esto es nivel de concentración de contaminantes: sustancias sólidas, líquidas o gaseosas en las capas más bajas de la atmósfera que pueden tener efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto; y a las ciudades, por otro, se le pide una contribución efectiva de lucha contra el CC que producen las emisiones de GEI, derivadas principalmente por el uso de la energía. Se trata, por tanto, de cambiar el modelo, pues un crecimiento basado en energía con los ratios actuales no permitiría alcanzar los límites impuestos por el Cambio climático. Un trabajo muy del lado energético puede verse en [2], del cual se han tomado algunas ideas.

Las TIC ha permitido que el manejo de los datos facilitados por la sensorización pueda ser extensa y masiva con lo que la gestionabilidad de diferentes sistemas y subsistemas esta facilitada. P.ej.: contadores inteligentes para electricidad; contadores de consumo térmico; espacios en aparcamientos; llenado de contenedores; circulación y semáforos inteligentes; iluminación, etc. Pero sin duda, los más directos sobre los ciudadanos: los sensores de contaminantes que ayudan a los gestores a la toma de decisiones.

Las ciudades hoy, de forma sintética, se abastecen de energía desde el exterior a su propio entorno y transforma ese mix de energía para diferentes fines; especialmente en forma de calor y trabajo. El mix urbano está compuesto de productos fósiles con alto contenido de carbono que por combustión liberan energía, parte de la cual se aprovecha, pero emiten cantidades proporcionales de calor y CO<sub>2</sub>, además de NO<sub>x</sub>, PM, CO y otros. Es decir, la ciudad es un sumidero de energía, con una eficiencia baja, y un emisor de contaminantes masivo en su propio entorno.

A modo de resumen, se recoge en la Fig.1 los cuatro pilares del reto de política medioambiental en las ciudades, extraídas del informe que elabora el GTI-RED (Grupo Trabajo Interdisciplinar Red Energía Digital). En suma, a la ciudad se le pide corresponsabilidad con los objetivos medioambientales impuestos por toda la sociedad y este tipo de proyectos son un ejemplo demostrativo del camino, experiencias importantísimas en el contexto actual al permitir introducir una gran cantidad de innovaciones tecnológicas y de modelos comerciales, financieros, etc. La ciudad de esta forma se convierte en el eje de la Transición.

- LAS CIUDADES, CIUDADANOS Y GOBIERNOS SON CORRESPONSABLES DE IMPLANTAR SOLUCIONES INNOVADORAS PARA LA SALUD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL, UNIVERSAL, POR MEDIO DE INSTRUMENTOS DE ECONOMIA CIRCULAR Y DESCARBONIZADA, AYUDADAS POR LA REVOLUCIÓN DIGITAL CONFIGURANDO UN ECOSISTEMA AVANZADO.
- LA CIUDAD SE CONVIERTE EN EL NÚCLEO CENTRAL DE LA LEY DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA; ORGANIZACIONES CIVILES DIVERSAS (ALIANZA POR EL CLIMA, OS, OEE,FR, ETC.) PROPONEN PROFUNDIDAD Y COMPROMISO EN SU REDACCIÓN
- LA PRESIÓN MEDIOAMBIENTAL Y LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ESTÁN LIDERANDO EL CAMBIO DE MODELO ENERGÉTICO DE LAS CIUDADES POR REDES DE GENERACIÓN CENTRALIZADA LOCAL, CERCANA A LAS CIUDADES Y CAPACES DE APROVECHAR RECURSOS AUTÓCTONOS, REDUCIENDO DRÁSTICAMENTE LA EMISIÓN DE GEI.
- LA CIUDAD ES EL ECOSISTEMA IDONEO PARA LA INNOVACIÓN COMO PROCESO COLABORATIVO (EDUCACIÓN, INVERSIÓN EN I+D, INTERACCIÓN EMPRESA-UNIVERSIDAD), PRETENDE UNA ATRACCIÓN DE MENTES CREATIVAS EN UN ENTORNO ACOGEDOR Y DINÁMICO.

Figura 1. El contexto energetico-ciudad (Fuente: GTI-RED).

## REDES DE SUMINISTRO A LAS CIUDADES

Actualmente las redes de suministro a las ciudades, de forma sintetizada en la fig. 2, aportan: diversos servicios (administrativos, sanitarios, seguridad, etc.); los demandados a través de las redes digitales (incluye las analógicas); las energéticas, objeto de esta comunicación; el circuito del agua y de los residuos; entre otros. Es decir, insistiendo en el térmico ecosistema, son los suministros esenciales para la actividad biológica, económica y social de los ciudadanos.

Los niveles de inteligencia entre las redes son compartidos; la digitalización de las redes energéticas o la integración de ambas redes va aportar un salto cualitativo en la búsqueda de la eficiencia que afecta directamente a la calidad del aire y al ratio de emisión de GEI por el uso de la energía.

La integración del sistema de servicios de energía distribuida en las ciudades puede permitir una aceleración en la penetración de fuentes de energía distribuidas y fuentes renovables periurbanas, aumentar la resiliencia y la seguridad de la energía urbana y nacional sistemas.

Pero además, las ciudades son el núcleo central de otra actividad a descarbonizar: el transporte, donde una de las líneas de trabajo es la movilidad eléctrica, para lo cual la red eléctrica de carga debe ser lo suficientemente densa que facilite esa movilidad global. La parte eléctrica de la red energética potenciaría esa extensión, apoyada para la gestionabilidad de la misma con la red digital que le acompaña.

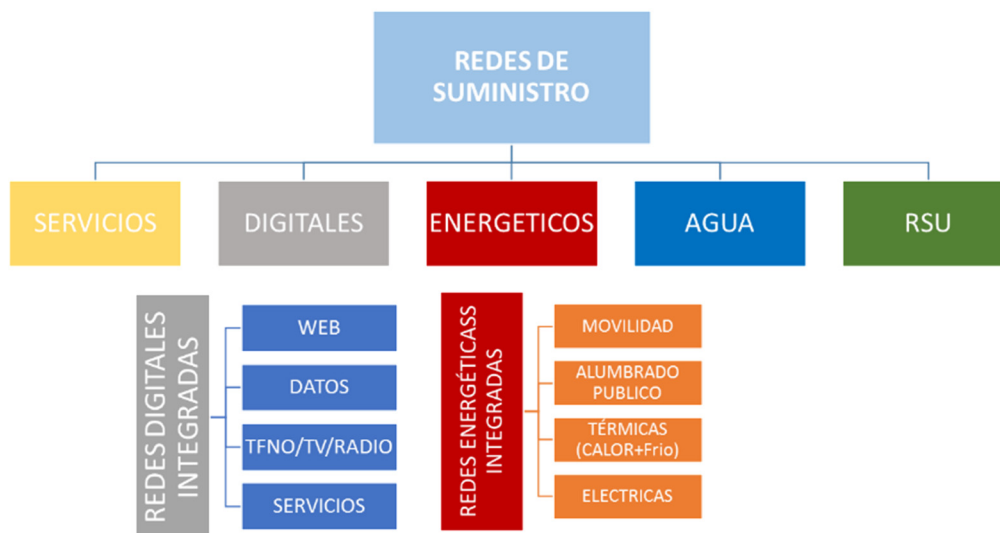


Figura 2. Redes de suministro a las ciudades.

## EL MODELO REDI

El modelo REDI (Red Energética y Digital Inteligente) que se propone consiste en la centralización de la generación y su transformación de energía intermedias a la energía final que va a ser calor y electricidad. La dimensión de esta central dependerá de diferentes factores; el principal será el grado de compacidad del urbanismo, pues en el caso de que éste sea disperso la rentabilidad del despliegue marcará aquella. Este tipo de modelo tiene, al menos, tres ventajas frente a otros tipos de esquemas: la mejora substancial de la eficiencia del sistema por el efecto economía de escala y una mejora substancial de la gestionabilidad, entre ellas al introducir almacenamientos tanto térmicos como eléctricos; y la facilidad de integrar energía de diferente origen buscando la óptima penetración de renovables o la hibridación que aporta seguridad.

La gestionabilidad es uno de los puntos fuertes del modelo, la cual permite utilizar de manera masiva las TIC en todos los niveles: generación-transformación-distribución-uso final; y que aporta al modelo fiabilidad, eficiencia y

reducción de emisiones por medio de diferentes análisis de datos: estudio de patrones, predictibilidad, etc. Esta mejora de la gestionabilidad por tanto permite una mejora de los ratios de costes con beneficios directos sobre la calidad del aire o la contribución muy importante en el ámbito local a las demandas sobre reducción de emisiones de GEI.

En la Fig. 3 la integración que se propone, base del modelo REDI se recoge en la gráfica de la AIE [3] donde se destaca la integración de polienergías y red digital para aprovechar sinergias y optimizar subsistemas y se recoge la estructura por capas o niveles. En relación a las ventajas que tiene el modelo REDI, se recogen en la fig. 4 las más destacables y que se ha ido señalando a lo largo de la comunicación.

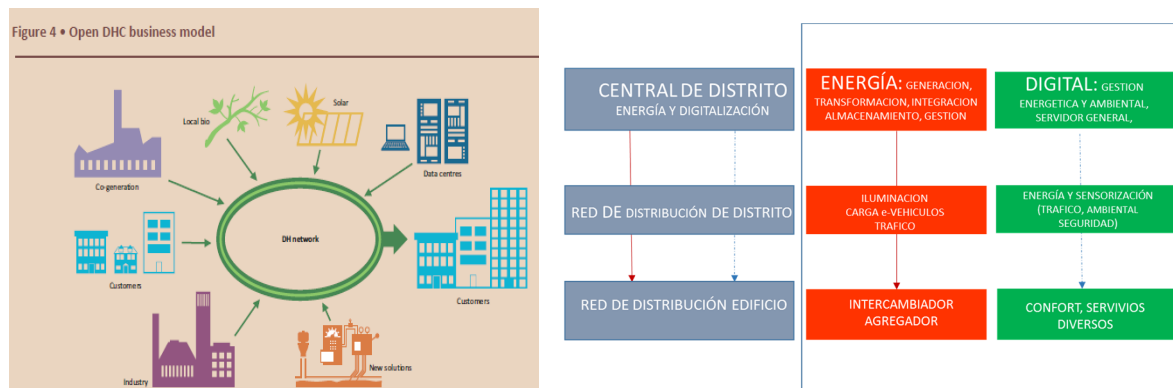


Figura 3. Modelo abierto de Red Energético-digital (Fuente: AIE) e integración energético-digital.

- DISTRIBUYE ENERGÍA MAS EFICIENTE POR CONTROL DE DEMANDAS Y REGULACIÓN EN LA GENERACIÓN.
- EQUIPOS MAS POTENTES, MAS SEGUROS Y MÁS EFICIENTES (ARRANQUES, MANTENIMIENTO, MALA COMBUSTIÓN).
- ELIMINACIÓN DE RIESGOS DE INCENDIOS EN LA COMBUSTIÓN
- ELIMINACIÓN DE IMPACTOS VISUALES, ISLAS DE CALOR, ETC.
- MOVILIZACIÓN DE ECONOMÍA Y EMPLEO CUALIFICADO
- RECONVERSIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR EDIFICACIÓN: HACIA EDIFICIOS CONSUMO CASI CERO
- ELIMINACIÓN DE EMISIONES DE GASES URBANAS
- INCORPRACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS LOCALES EN LAS CENTRALES DE GENERACION
- ELIMINACIÓN DEDE RUIDOS EN EDIFICIOS Y ÁREAS URBANAS; DE RIESGOS SANITARIOS (LEGIONELA)

Figura 4. Principales ventajas del modelo RECI (Fuente GTI-REDI).

El tamaño de las ciudades españolas, según INE, que podrían acogerse a este modelo propuesto sería de 367 ciudades con población entre 20.000 y 200.000; sin olvidar las 919 restantes en el tramo 20.000 a 5.000; esto es, más de un millar de ciudades podrían adoptar un plan para el cambio de modelo como el propuesto.

Para una ciudad media, alrededor de 150.000 habitantes, con un casco muy compacto y unos servicios centralizados, los resultados obtenidos por el mencionado GTI-RED se recogen en la Tabla I.

SUBSISTEMAS	TECNOLOGÍA	DESPLIEGUE	CONTRIBUCIÓN	INVERSIONES
BIOMASA	Cogeneración	Aprovechamiento térmico y eléctrico	42%	7,8%
SOLAR TÉRMICA	Captadores planos acristalados	Parque extenso de captadores	7%	4,4%
GEOTERMIA	Aprovechamiento baja entalpía, aerotermia	Sondeos y aerorefrigerantes	7%	1,5%
SOLAR FOTOVOLTAICA	Silicio policristalino	Parque extenso cercano a la ciudad y otros integrado en edificioscentrales	7%	25,2%
EOLICA	Parque eólico	Parque exterior a la ciudad: contratos bilaterales	7%	16,1%
BIOGAS	Gasificación, Vertederos	Inyección en red, bilaterales o cogeneraciones	3,0%	
<b>TOTAL RENOVABLES LOCALES</b>			<b>73,3%</b>	55%
GAS FOSIL	GNG, GNL, GLP	Redes existentes fijas o móviles	20,0%	2,8%
RED ELECTRICA	Interconexión MT-AT	interconexión	7,0%	1,2%
RED DE CALOR DE DISTRITO	Doble circuito baja temperatura	Regulación total digitalizada	73,0%	12,8%
RED DE FRIÓ DISTRITO	Doble circuito alta temperatura	Regulación total digitalizada	2,0%	4,0%
RED ELÉCTRICA DISTRITO	Usuarios privados (usuarios térmicos) y públicos (alumbrado, movilidad)	Regulación global digitalizada	25,0%	6,8%
ALMACENAMIENTO ELECTRICO	Baterías y movilidad	Optimización y gestionabilidad	1%	
ALMACENAMIENTO TÉRMICO	Sensible, latente	Gestionabilidad diaria y estacional	1%	0,4%
RED DIGITAL	Banda ancha ultrarápida fija	Paralela al despliegue energético, servicio interno y externo	100%	3,5%
ALMACENAMIENTO DE DATOS	Masivo	Ciberseguridad	10%	0,2%
OBRA CIVIL	Infraestructuras	radial	-	32,3%
<b>RATIOS GENERALES</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CONSUMO MEDIO/HABITANTE: 0,61 tep(ef)/hab.</li> <li>➤ EMISIONES EVITADAS 67,3% o 1,22 tCO<sub>2</sub> /hab</li> <li>➤ MEJORA DE EFICIENCIA ENERGETICA 35%</li> <li>➤ INTEGRACION DE RENOVABLES 75,9%</li> <li>➤ SUMINISTRO BANDA ANCHA A 56.000 HOGARES</li> <li>➤ INVERSION POR HOGAR: 3.005 €/HOGAR o 1.122 €/hab.</li> <li>➤ PERIODO DE RETORNO SIMPLE 5,4 AÑOS</li> </ul>				

Tabla I. Resumen del análisis realizado por GTI-RED en una RED en una ciudad de 150.000 habitantes.

## CONCLUSIONES

En el ámbito de la innovación la digitalización integral de las redes energéticas es el núcleo de la transición, por encima de las necesidades de control y regulación, para poder monitorear y analizar el funcionamiento real en términos de eficiencia, justo precio, emisiones, etc. Esta digitalización permite además dar un servicio adicional a la demanda de los usuarios (velocidad, volumen de datos, seguridad cibernética, etc.). El desarrollo integrado de redes energéticas y digitales proporcionará nuevos niveles de seguridad, capacidad y servicio permitiendo lograr con eficacia los mandatos medioambientales.

En el ámbito de la política local responsables de las políticas deberían disponer de instrumentos regulatorios, normativos y códigos edificatorios suficientes para asumir el mandato de descarbonizar las ciudades, asumiendo con plena competencia las áreas del urbanismo, el parque de edificios y las infraestructuras actuales y planificando, igualmente, el desarrollo futuro entre los que se encuentra no solamente el urbanismo, los edificios sino las infraestructuras de suministro energético y la red inteligente que le acompaña. Entre muchas de las decisiones a adoptar, el modelo actual en los países medioambientalmente avanzados pasa por la planificación de espacios para el desarrollo integral y, entre aquellas, las redes de distrito o los espacios energéticos necesarios para garantizar aquella descarbonización obligada por razones de salud y sostenibilidad (Fig. 5).

Las políticas fiscales, dentro de su ámbito de competencias, deben impulsar a que estos modelos MTD se implanten a la máxima velocidad, especialmente, para las acciones nuevas. Nuevos instrumentos de incentivación (programa PACE [4]) que busquen la implicación de las ciudades a través de una financiación público-privada en términos colaborativos o similares son los activadores de este tipo de iniciativas y deberían de servir de estímulo para encontrar esos caminos de las políticas avanzadas e inteligentes que necesita el país.

- ¿CÓMO PUEDEN LAS CIUDADES INSTRUMENTAR, DESDE LA RESPONSABILIDAD DE LA GOBERNANZA MUNICIPAL Y DE LA COMPLEJIDAD DE LO URBANO, DEL MARCO JURÍDICO Y LEGISLATIVO EN MATERIA DE ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE; SU CONTRIBUCIÓN EN LA ASUNCIÓN DE RESPONSABILIDADES EN MATERIA DE SALUD Y CALIDAD DEL ÁMBITO URBANO, EN LA MITIGACIÓN Y LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO, Y EN EL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS DE EFICIENCIA Y RENOVABLES, AL QUE OBLIGAN LAS DIRECTIVAS DE LA UE Y SEÑALAN A LOS PODERES PÚBLICOS COMO IMPULSORES DE ESA TRANSACCIÓN ENERGÉTICA?
- LA GOBERNANZA MUNICIPAL MODERNA INCLUSIVA, ESTÁ INTERNALIZANDO POR LA VÍA DEL COMPROMISO IRRENUNCIABLE CON LA SALUD, LOS MEDIOS NECESARIOS PARA QUE LAS CIUDADES TENGAN UN SUMINISTRO ENERGÉTICO: SUFICIENTE, SEGURO Y DE NULO O MUY BAJO IMPACTO AMBIENTAL, QUE APORTE A LOS CIUDADANOS BENEFICIOS ECONÓMICOS-SOCIALES-CALIDAD; Y ESTO, TANTO PARA SU APLICACIÓN EN LAS INSTALACIONES QUE GESTIONA EN NOMBRE DE LA COMUNIDAD: AGUA, ALUMBRADO, SERVICIOS AL CIUDADANO, EDIFICIOS PROPIOS; COMO PARA PROPICIAR QUE A LOS CIUDADANOS SE LES OFERTE SERVICIOS ENERGÉTICOS ACORDES CON ESAS EXIGENCIAS. ESTA DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDADES DEBE APAREJAR UN DESARROLLO LEGISLATIVO ACORDE CON ELLA.

*Figura 5. Cuestiones finales sobre la competencia municipal (Fuente GTI-REDI).*

Sin embargo, la ambición y efectividad de estos enfoques de políticas es función de la capacidad humana, legislativa y financiera de la administración municipal, que a menudo carece de esa capacidad incluso en áreas tradicionalmente dentro de su dominio, como el uso de la tierra o la planificación del transporte. Las redes energético-digitales demandan importantes infraestructuras, grandes volúmenes de financiación, con periodos de amortización diferenciado al de equipos, y desde lo público y privado debe entenderse el problema y facilitarse el acceso a las fuentes nacionales e internacionales en condiciones asumibles. Esto significa que es esencial activar nuevos esquemas de financiación, público-local y de incentivos, especialmente en el área urbana que soporta importantes limitaciones y barreras para implantar o acelerar los procesos de reducción de impactos.

## REFERENCIAS

- Smart Cities.IDAE.2012
- Energía y Ciudades. Club Español de la Energía. 2017
- [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives2016\\_ExecutiveSummary\\_EnglishVersion.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives2016_ExecutiveSummary_EnglishVersion.pdf) (7 abril 2018)
- <https://www.energy.gov/eere/slsc/property-assessed-clean-energy-programs> (7 abril 2018)

## SMART HOME EL RETIRO – UN NUEVO CONCEPTO DE HOGAR INTELIGENTE

**Resumen Proyecto Edificio Inteligente:** Un hogar inteligente en el siglo XXI responde a un nuevo concepto de control. Resulta innecesario que el usuario deba pensar en acciones que la vivienda puede realizar de forma automática. Encender luces, subir y bajar persianas o regular la temperatura de cada habitación son algunas de las funciones que pueden automatizarse para su uso eficiente y adaptado. Una Smart Home debe responder de forma competente a un funcionamiento automatizado y un control fácil. En el siguiente proyecto, descubriremos cómo funciona esta tecnología, encontraremos detalles de la instalación que hacen más ágil el trabajo de los profesionales y conoceremos qué acciones concretas utilizan los propietarios en su día a día y marcan realmente la diferencia entre una casa convencional y una Smart Home real.



Figura 1. Panorámica Salón Smart Home El Retiro.

DATOS GENERALES EDIFICIO INTELIGENTE	
Ubicación:	Calle Príncipe de Vergara en Madrid
Uso del Edificio:	Residencial
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total del Proyecto:	280 m <sup>2</sup>
Fecha final del proyecto:	Noviembre de 2017

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SMART HOME EL RETIRO

La incorporación de tecnología de vanguardia en la instalación de este piso era un requisito indispensable. Los propietarios deseaban disfrutar de un hogar moderno en todos los sentidos. Con tres hijos pequeños, suficiente trabajo tienen los padres como para perder tiempo con el control de la vivienda. Los usuarios se olvidan de multitud de funciones que la instalación realiza por sí misma, y los movimientos manuales que precisan pueden hacerse desde los pulsadores, mandos a distancia ubicados por ejemplo encima del escritorio o, en ciertas habitaciones, la tablet colgada en la pared con acceso a la App.

Todos los pulsadores y mandos funcionan de la misma forma, ya que el objetivo precisamente es que el control sea rápido y fácil, sin tener que estar aprendiendo qué pulsador enciende qué. Para este proyecto se ha utilizado el estándar de pulsadores de Loxone, en el que cada punto controla ambientes de iluminación, subir y bajar las persianas de la habitación y gestionar el audio.

La instalación de los elementos de periferia como detectores, pulsadores, la estación meteorológica, actuadores válvula para los radiadores, entre otros, se ha realizado mediante la tecnología de cableado en bus Loxone Tree. El cableado de los diferentes elementos se organiza en forma de árbol desde el Miniserver y la Tree Extension.

La programación utilizando el software Loxone Config es uno de los puntos fuertes del sistema Smart Home utilizado. La identificación de los componentes, así como su programación es ágil y rápida. En tiempo récord se configuran multitud de funciones para la automatización de la vivienda.

## Agentes participantes

El proyecto Smart Home El Retiro tiene como principales agentes el equipo de ingenieros especializados en Smart Homes y telecomunicaciones del Estudio BN de Madrid con el soporte de la tecnología Loxone Smart Home, presente en la relación de hardware y software para la automatización de esta vivienda de forma completa e integral.

- Tecnología: Loxone Smart Home
- Integrador e instalador: Estudio BN

## MEMORIA INSTALACIONES Y FUNCIONAMIENTO

### Automatización inteligente

La diferenciación más relevante entre una Smart Home real y una instalación convencional es el modo de funcionamiento de las diferentes aplicaciones en la vivienda. El uso de la iluminación, los movimientos de las persianas, cortinas y toldos, así como numerosas funciones que incrementan el ahorro, la seguridad y el bienestar se ejecutan de forma automática en una Smart Home. Los usuarios no deben de pensar y accionar ciertas funciones de forma manual (ni tan solo desde la App en el Smartphone o tablet), proporcionando un funcionamiento mucho más eficiente de toda la instalación.

#### *Automatización y control de la iluminación*

La Smart Home El Retiro disfruta de importantes ventanas al exterior que facilitan que la luz natural entre en los salones y ofrezca una claridad envidiable. El control de la iluminación on/off se realiza principalmente mediante detectores de movimiento. La luz se enciende cuando el nivel de luminosidad baja y se detecta movimiento. La activación manual desde pulsadores o desde la App es posible en cualquier momento, así como la elección y edición de ambientes determinados.

Los usuarios pueden querer guardar una combinación concreta de luces en el salón para cuando tengan visitas, quieran ver una película o deseen un tiempo tranquilo para leer. Esta combinación la gestionan directamente desde la App, disponible siempre en la tablet ubicada en la pared o en su Smartphone. Crean el ambiente con las luminarias a encender y su intensidad y lo guardan con el nombre deseado. Estos ambientes serán accesibles también desde el pulsador principal.

Además de los ambientes grabados, existen diferentes modos que hacen a las luces actuar de forma diferente en función por ejemplo del momento del día. Durante la noche, si alguien se levanta al baño, los detectores de movimiento encienden las balizas de la pared en los pasillos a baja intensidad, para que se puedan mover cómodamente sin molestar a los demás miembros de la familia.

En una Smart Home de verdad, cada funcionalidad está relacionada con las demás, comunicándose a un máximo nivel para ofrecer una aplicación el máximo de útil posible para el usuario.



En el caso de la iluminación de Smart Home El Retiro, está vinculada con el timbre. Cuando alguien llama a la puerta, la iluminación parpadea, de este modo, pueden desactivar el sonido si los niños duermen y saber igualmente cuando alguien viene a visitarles.

La iluminación también puede ofrecer una alarma visual si salta por ejemplo una alarma técnica, como la de inundación en el baño.

## Detalles que marcan la diferencia

La automatización permite adaptar pequeños detalles útiles para el día a día. En este caso, el interior de los armarios se ilumina al abrirlas, controlando el tiempo en que la luz está encendida a través de detectores de movimiento. Especialmente en el vestidor resulta muy práctico, ya que es un espacio interior con una iluminación no excesivamente intensa.

Otro detalle interesante es la luz de baliza que ofrecen los Touch Pure, que se activa en la habitación de los pequeños durante un horario en concreto. Se activan cuando se necesitan, sin tener que pensar en ello.

Estas luces de baliza de los pulsadores Touch Pure de toda la casa se encienden si hay un fallo en el suministro eléctrico, ya que el SAI instalado en la fuente de alimentación de los Extensión Tree facilita que puedan realizarse aún ciertas acciones.

### **Control de la climatización (frío y calor)**

Un completo sistema de clima se encarga de garantizar el bienestar en cuestión de temperaturas tanto en verano como en invierno a la Smart Home El Retiro.

Tres máquinas de aire Daikin integradas en el sistema mediante MODBUS teniendo todas las funcionalidades del fabricante en la Smart home, se encargan de climatizar toda la vivienda, a su vez cada estancia cuenta con rejillas motorizadas que abrimos o cerramos en función de la demanda de cada habitación. Estas máquinas aportan frío y calor en cada habitación. La vivienda cuenta con calefacción central por lo que la climatización por aire normalmente se usa sólo en modo frío en verano, pero también es interesante la bomba de calor para los casos en los que por averías en la calefacción de la comunidad o periodos en los que la comunidad no enciende la calefacción podamos tener otra fuente de calor en la vivienda.

Además, los radiadores con actuadores válvula Tree facilitan el control de cada radiador según necesidades para ayudar a subir la temperatura interior durante los fríos días de invierno en la capital.

El control de la temperatura en cada estancia es muy preciso, ya que al contar con varios pulsadores Touch Pure en cada estancia, tenemos varias referencias de temperatura, por lo que la lectura de temperatura que nos aparece en la aplicación es la media de todas. De esta forma no tenemos una sola referencia como suele haber en una instalación convencional. Así si por ejemplo en una habitación tenemos una lectura de temperatura en la entrada de 22,8°C, en el cabecero de la cama 23,1°C y en la entrada al baño 22,2°C, la temperatura que tendremos de referencia será  $((22,8+23,1+22,2) / 3) = 22,7°C$ , teniendo así una precisión absoluta.

Regular la temperatura de forma automática en las habitaciones que no se utilizan de forma diaria o tener la certeza que aunque se programen horarios, si la familia se queda en el salón hasta más tarde, la temperatura no se regulará a modo noche hasta que no se detecte presencia.

Los usuarios pueden modificar los horarios de cada estancia cuando lo deseen fácilmente desde la App, pero la ventaja de un buen sistema Smart Home programado correctamente permite a los usuarios no tener que pensar en el clima. Si el usuario está a una temperatura correcta, hace olvidarle de tener que visualizar constantemente los grados en que se encuentra. Aún así, si se desea cambiar la temperatura de cualquier habitación se puede realizar fácilmente desde la visualización en el móvil o la tablet.

### **Persianas, toldos y estores**

La función que aportan las persianas, toldos y estores no se entiende sin vincularla también con la climatización.

Las grandes ventanas en el salón, comedor y despacho aportan vida al piso gracias a la luz que entra a través de ellas, pero en verano puede afectar negativamente a la temperatura de confort del interior, de forma que se activará el sombreado automático para que el sol no entre a las habitaciones. El sombreado se activa cuando es preciso, si un día está nublado y las condiciones exteriores no afectan a un cambio de temperatura interior, las persianas no bajarán.

En el exterior se ha instalado una estación meteorológica que detecta si llueve y/o sopla el viento, para bajar las persianas automáticamente si sobrepasan los niveles establecidos, protegiendo así las ventanas.

Los propietarios siempre tienen la opción de bajar todos los elementos de protección solar de una sola vez si así lo desean por ejemplo al salir de casa. Un simple clic en la App y se aseguran que todo está correctamente cerrado.

### ***Puertas y Ventanas***

Desde la App no solamente se pueden controlar las persianas y estores, ver su estado y subir o bajar cualquier persiana si así se desea, sino que también se tiene la información de qué ventanas y puertas están abiertas.

Al salir de casa, si se quiere ver si hay alguna ventana abierta, y simplemente haciendo un vistazo rápido a la visualización, se tiene toda la información. Si una puerta queda mal cerrada, un mensaje de voz a través del sistema de audio avisa “La puerta X lleva abierta más de 5 minutos, por favor revísala”.

## **La Seguridad en Smart Home El Retiro**

Loxone Smart Home facilita la programación de un sistema de alarma y alertas en caso de intrusión o de existencia de alarmas técnicas, principalmente en caso de inundación, humo o incendios. La constante comunicación con los propietarios ante cualquier incidencia permite que sean alertados mediante una llamada telefónica, notificación push y además, la casa reacciona para ofrecer también una alarma visual mediante la iluminación y acústica mediante los altavoces.

### ***Alarma de Intrusión***

Sistema de alarma programado con elementos ya existentes en la Smart Home como son los contactos magnéticos en las puertas y detectores de movimiento Tree en el hall, entrada de la cocina y pasillos. Además, hay un SAI que alimenta los detectores, Miniserver y router para que en caso de falta de suministro eléctrico siga funcionando, además avisa de que se ha ido la luz, también cuando vuelve.

### ***Alarma Técnica – Inundación, humo e incendios***

Varios sensores ofrecen protección a este piso en concepto de fallos o incidencias técnicas, así como inundaciones, humo o incendios.

En la cocina, un espacio especialmente crítico para esta cuestión, se encuentra un sensor de inundación y un detector de humo, de forma que si se detecta cualquier anomalía en estos campos, la casa avisa automáticamente a los propietarios mediante una llamada telefónica y reacciona en caso de inundación cortando la entrada de agua de la vivienda.

### ***Control de accesos y videovigilancia***

Hay 2 cámaras instaladas en las 2 puertas de entrada, que capturan una imagen de quien ha llamado al timbre de la puerta, los contactos magnéticos guardan un registro de cuando se han abierto y cerrado las puertas. Cuando llaman al timbre suena por los altavoces de la casa que el cliente quiera. También parpadean las luces de los baños, por si nos estamos duchando y no oímos el timbre.

## **Multimedia – Sistema Multiroom Audio**

Los dormitorios, salones, cocina y baños disponen de altavoces integrados en el techo para poder tener siempre la opción de audio desde numerosas fuentes. Listas de reproducción almacenadas directamente en el servidor de música, servicios en streaming online, radios por internet o compartiendo la propia música del iPhone mediante AirPlay.

Al ser un sistema Multiroom Audio, cada estancia puede reproducir la música que se desee cuando se desee, al mismo tiempo que en otras zonas esté sonando otra música, teniendo la opción además de crear grupos de zonas.

El control del audio puede realizarse de forma detallada desde la misma App Loxone y desde los pulsadores. La integración de los servicios de streaming a la misma App es una ventaja para el usuario, que puede acceder rápidamente a sus playlists favoritas en pocos segundos.

A destacar, la característica “Text-to-speech” que ofrece el servidor de música junto al Miniserver, que permite reproducir mensajes de voz en la zona de audio que se desee informando por ejemplo de algún tipo de incidencia como detección de inundación en la cocina o avisando antes de salir de casa que existen ventanas abiertas.

## **Sistema de Control e Interfaz**

El sistema de control utilizado es Loxone Smart Home, con el que a través del hardware y software se ha realizado la automatización de la iluminación, sistema de climatización, audio, protección solar, así como la programación de alarmas técnicas y de intrusión.

El principal objetivo de este sistema es que la instalación funcione por sí misma, y el usuario no deba de perder tiempo con controles manuales si la Smart Home puede realizarlo de forma automática. Para ello, los detectores de movimiento, contactos de ventana y sensores de temperatura son básicos. El envío de información de estos elementos hacia el Miniserver permiten que, este se comunique y gestione las diferentes acciones.

La interfaz web se crea automáticamente a medida se va realizando la configuración en el software, de forma que resulta una solución realmente eficiente por parte del integrador, pudiendo adaptar la visualización sin un sobre coste, principalmente en tiempo de programación.

El usuario, además, tiene una amplia flexibilidad para editar y crear pequeñas lógicas desde la App en su Smartphone o tablet. Completa elección de los ambientes de iluminación, y combinarlos también con otras funcionalidades como por ejemplo bajar ciertas persianas junto a un ambiente de iluminación o activar el audio.

El software de configuración Loxone Config y las Apps para iOS y Android son de descarga gratuita. Se permiten 20 conexiones simultáneas desde la App a una misma instalación, sin restricciones en concepto de licencias.

## **Gestión energética**

Al encender la luz en algún baño una bomba de recirculación hace que el circuito del agua caliente esté listo para que no se deba esperar con el grifo abierto a que llegue el agua caliente, dando como resultado no sólo es una opción de confort si no de ahorro de agua. Una sonda 1-wire metálica en la tubería de retorno regulada a 42°C corta la bomba.

También mediante un reloj en la App se pueden poner los horarios para el agua caliente sanitaria. Siempre que la alarma esté armada esta función se anula.

Siguiendo con el ahorro de agua, en el balcón se ha automatizado el riego de las jardineras y cuando se detecta lluvia se anula la función de riego.

En el caso de la iluminación, cuando no se detecta movimiento y con las funciones centrales se pueden apagar todas las luces asegurando que no queda la luz de alguna habitación encendida al salir de casa.

## IMÁGENES PROYECTO EDIFICIO INTELIGENTE

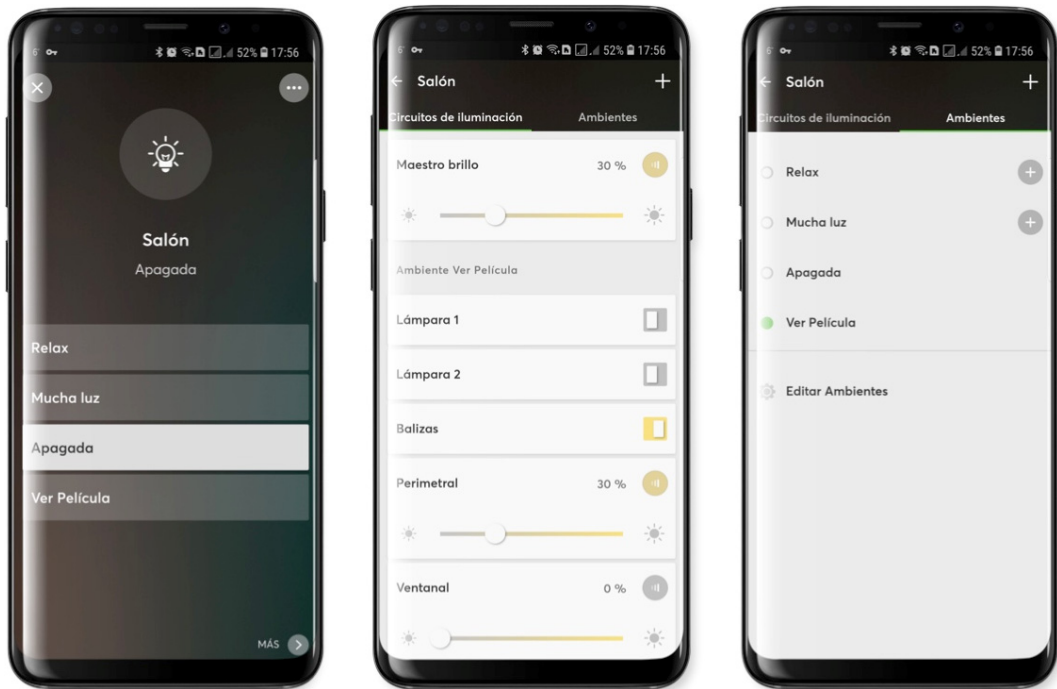


Figura 2. Visualización App de Loxone para la edición de ambientes de iluminación.



Figura 3. Detalle pulsador Loxone Touch Pure con luz de baliza.



Figura 4. Control radiadores.



Figura 5. Visualización en tablet montada en la pared.



Figura 6. Automatización automática y control desde pulsadores y App.



*Figura 7. Cuadro eléctrico, servidor de música y amplificador.*

## NUEVA SEDE DE LA EMPRESA RAC INGENIERÍA - EDIFICIO AUTOSUFICIENTE EN AGUA Y ENERGIA - CURITIBA, BRASIL

**Resumen Proyecto:** El proyecto se trata de la nueva sede de la empresa RAC Ingeniería, ubicada en Curitiba, BRASIL. Es una obra dotada con lo que hay de mejor en el mercado de la sostenibilidad y confort en la construcción civil. Ha logrado la hazaña de llegar a los 97 puntos del certificado LEED, del USGBC, alcanzando el mayor puntaje de Latinoamérica. Las soluciones de Green Building adoptadas se realizaron en todas las disciplinas de una edificación típica: sistemas mecánicos, sistema hídrico, sistema eléctrico, paisajístico, luminotécnico, hasta en las propias prácticas de sostenibilidad de sus usuarios, como el sistema de transporte. Como gran diferencial, la edificación es 100% autosuficiente eléctrica e hídricamente. Desde el principio, la principal premisa del propietario fue que la nueva sede de su empresa fuera dotada con lo que había de mejor en el mercado de la sostenibilidad y confort en la construcción civil. Todo el proceso del proyecto englobó un trabajo sinérgico de profesionales que diseñaron un objeto construido innovador y de alto rendimiento, a través de simulaciones de computadora y la posterior aplicación real de los mejores resultados. Algunas de las soluciones adoptadas para perseguir tal reputación fueron: reducción de carga térmica a través del estudio de la envoltura, sistema eficiente de aire acondicionado VRF, iluminación por lámparas LED y dimerización continua. Cuenta con generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos; captación, tratamiento y potabilización de aguas pluviales y sistema de tratamiento de efluentes in situ. El proyecto arquitectónico es de autoría del arquitecto Gonzalo Serra y el proyecto de certificación LEED y autosuficiencia eléctrica e hídrica es de la empresa Petinelli Inc.



Figura 1. Imagen del frente de la edificación.

DATOS GENERALES SEDE RAC INGENIERÍA	
Ubicación:	Curitiba, Paraná, Brasil
Cliente:	RAC Engenharia S/A
Uso del Edificio:	Comercial
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva

Superficie Total del Proyecto:	1000m <sup>2</sup>
Fecha final del proyecto:	15/05/2017

## MEMORIA DESCRIPTIVA PROYECTO

### Agentes participantes en el Proyecto

- Promotor: RAC Ingeniería
- Proyectista: Gonzalo Serra
- Dirección Obra: RAC Ingeniería
- Otros técnicos intervinientes: Petinelli INC (consultoria Green Building)

### Antecedentes del Proyecto

El propietario del terreno y dueño de la empresa tuvo la visión de construir su nueva sede y con tal acción, re-posicionar su marca en el mercado, demostrando solidez y carácter a través de la arquitectura. Fue por tal motivo que dio especial atención a la sostenibilidad en todas las premisas, esta traducida a través de todos los sistemas y disciplinas del edificio.

### Descripción del Proyecto Edificio

Desde el principio, la principal premisa del propietario fue que el edificio se beneficiara con lo que había de mejor en el mercado de la sostenibilidad y confort en la construcción civil. Todo el proceso de proyecto englobó un trabajo sinérgico de profesionales que han concebido un objeto construido innovador y de alto rendimiento, a través de simulaciones de computadora y la posterior aplicación real de los mejores resultados. Una de las maneras de cuantificar cuán beneficiosas fueron las decisiones tomadas por el equipo, fue perseguir la certificación LEED, del USGBC.

Para hacer el proyecto aún más desafiante, se decidió perseguir la mayor la puntuación jamás alcanzada en territorio latinoamericano, llegando a 97 puntos.

Algunas de las soluciones adoptadas para perseguir tal reputación fueron: reducción de la carga térmica a través del estudio de la envoltura, sistema eficiente de aire acondicionado VRF, iluminación por lámparas LED y dimerización continua. Como gran diferencial, la edificación es 100% autosuficiente eléctrica e hídricamente. Cuenta con generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos; captación, tratamiento y potabilización de aguas pluviales y sistema de tratamiento de efluentes in situ.

Además, las directrices establecidas por el propietario marcaron fuertemente las soluciones arquitectónicas tomadas. Con el objetivo de hacer de este diseño un salón de muestras o vitrina de la tecnología en cuestiones de Green Building, se optó por desplegar todos los sistemas y hacerlos participantes directos de la arquitectura de interiores: aire acondicionado, elementos acústicos, instalaciones eléctricas e hidráulicas dialogan armoniosamente con el gran monolito de hormigón armado a la vista. Este deconstructivismo procuró facilitar el entendimiento de los sistemas y ha intentado contagiar la práctica de soluciones inteligentes en construcción civil.

## MEMORIA INSTALACIONES

### Automatización y Control

#### *Iluminación natural*

Simulaciones computacionales efectuadas en el software DIVA, compatible con el programa Rhinoceros, sirvieron de herramienta para la especificación de la transmisión luminosa (VLT) de los vidrios, definición de parasoles y verificación de aprovechamiento de la luz natural. El mejor resultado obtenido para los vidrios fue un valor de transmisión luminosa del 55%, con el fin de optimizar al máximo la incidencia de luz, pero a la vez trabajar en paralelo con valor de los modelos de factor solar (considerado éste para las simulaciones térmica).



Para generar una estandarización de fachadas, todos los vidrios especificados tienen la misma característica (transmisión luminosa del 55% y factor solar de 0,58). Para generar una armonización de la incidencia lumínica en el área interna de la edificación, fueron concebidos dos tipos de parasoles, para manipular adecuadamente el deslumbramiento. En la fachada de orientación "este" (considerada la fachada de acceso), parasoles verticales se instalaron para controlar la incidencia del sol naciente, que genera deslumbramiento intolerable en el período del verano. En la fachada "noroeste" (considerada la fachada posterior), enredaderas de caducidad permitieron un mayor control deslumbramiento y incidencia solar (follaje se adapta a las estaciones del año, permitiendo a través del podaje controlar la densidad de la planta y regulando el confort visual y térmico para los ocupantes).

### **Iluminación artificial**

El proyecto luminotécnico fue desarrollado para la eficiencia energética y el confort visual. En busca de ésta primera, las simulaciones realizadas consideraron todas las variables que interfieren en la eficiencia del sistema, buscando preferentemente la especificación de revestimientos claros en el diseño de interiores para la contribución en las reflexiones internas de la luz. El proyecto fue dimensionado para actividades realizadas en computadoras, siendo esa la principal actividad de la oficina. Las lámparas de mesa se han especificado para cada estación de trabajo permitiendo el accionamiento sólo cuando la ocurrencia de una actividad visual con requisitos mayores o incluso, cuando es deseable por el usuario. Todos los equipos especificados del proyecto son de la tecnología LED que presentan gran eficiencia. En busca de confort visual, el proyecto fue desarrollado buscando la atención de todas las precondiciones de la certificación Well referentes al sistema de Iluminación Artificial, que tiene como referencias a las normas alemanas DIN (Deutsches Institut für Normung).

El International Well Building Institute alinea las mejores prácticas de proyectos y construcciones para la salud y el bienestar de las personas. Con ello, el sistema de iluminación presenta una iluminación central, sobre las estaciones de trabajo y un sistema de iluminación periférica visando un equilibrio entre las luminancia en relación a las paredes dispuestas en el eje visual de los usuarios evitando contrastes de luminarias desagradables. Los espacios de ocupación siguen presentando luminarias con dimerización automática de acuerdo con el nivel de luz deseable para el aprovechamiento de luz natural. El análisis de iluminación natural demuestra que esta estrategia posibilita la economía de al menos un 60% de energía en esos ambientes. La iluminación exterior está diseñada para satisfacer todos los requisitos del crédito de contaminación luminosa de la certificación LEED para reducir este impacto ambiental y evitar la luz intrusa en las propiedades vecinas.

### **Climatización**

Un diseño eficiente de aire acondicionado comienza por un correcto dimensionamiento, evitando la instalación de capacidad por encima de lo necesario para proporcionar confort térmico a los ocupantes.

Esto fue posible a través de la definición de premisas, aplicando medidas de eficiencia energética en la envoltura, en las cargas de iluminación y de equipamientos de los ambientes.

A través de la simulación termoenergética con el software EnergyPlus, fue posible evaluar y cuantificar todas las sinergias entre los sistemas, reproduciendo el desempeño térmico y energético de la edificación y dimensionando el sistema de forma más precisa.

El sistema de aire acondicionado es del tipo VRF, que varía su capacidad de acuerdo con la real carga térmica instantánea.

Comparando con un edificio estándar de mercado, el proyecto cuenta con una reducción del 46% en el consumo de aire acondicionado y una capacidad instalada un 44% inferior.

Todos los ambientes regularmente ocupados de la edificación cuentan con ventilación mecánica para renovación del aire, evitando niveles elevados de dióxido de carbono y mejorando la salud y la productividad de los ocupantes.

El subsuelo de garaje posee sistema de extracción por demanda a través de sensores de CO, evitando niveles nocivos de monóxido de carbono generado por los automóviles.

Los sistemas de ventilación y de aire acondicionado poseen filtrado mínimo G4, removiendo partículas del aire de renovación y de recirculación.

**Agua y desagües**

“NetZero Agua” es un conjunto de sistemas, equipos y soluciones de ingeniería que permiten que un edificio opere suministrando agua a sus ocupantes con calidad y trate todos sus efluentes de forma a no agredir el medio ambiente local, resultando en la independencia de su abastecimiento junto a la concesionaria pública conquistando así la autosuficiencia hídrica. La composición del sistema elaborado busca el aprovechamiento de agua de lluvia y su potabilización para uso en grifos de baños; Tratamiento y reuso de aguas grises y negras generadas en la edificación para fines que no exijan potabilidad, como el abastecimiento de cuencas sanitarias para descargas e irrigación. La calidad del agua atiende la Portaria Brasileña 2914 del Ministerio de Salud para el agua que exige potabilidad y CONAMA 357 Clase I para agua de reuso. Es decir, el sistema no es interconectado y opera en dos ciclos separados, con cajas y prensas de agua independientes

La utilización de metales y equipamientos eficientes, de reducido caudal hídrico, junto a accionamientos inteligentes disminuyen la demanda de agua y el volumen de efluentes producidos por la edificación. El mejor sistema de reutilización del agua, trata el 100% de los efluentes generados en el lugar. Los mismos son tratados tanto en reactores como a través de la naturaleza (wetland), siendo filtrados y almacenados en depósito específico para reutilización en descargas - aislado de un segundo depósito exclusivo para uso en grifos y duchas, éstas provenientes del agua pluvial ya potabilizada in loco. Todo recurso hídrico excedente que debe ser despejado en las galerías municipales pasa necesariamente por el proceso de tratamiento y filtrado natural.

Por último, la Captación de Aguas Pluviales se da en el depósito principal de 5000 litros, donde se reserva el agua captada en el tejado de la edificación - ésta, después de tratamiento debido se vuelve potable y propia para uso en grifos y duchas y se envía al depósito superior apropiado.

Debido al elevado índice pluviométrico de la ciudad, el proyecto tiene autonomía de 30 días de sequía.

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

El tratamiento preliminar es realizado por el sistema SBR "Secuencial Batch Reactor" o Reactor Secuencial en Bateladas (RSB). El tratamiento es concebido por la degradación de la materia orgánica por microorganismos (bacterias aerobias y anaerobias), un sistema híbrido que metaboliza el carbono, nitrógeno y fósforo presente en el efluente. El sistema posee tres cámaras, la primera recibe el desagüe bruto y separa el líquido del material sedimentado y flotante, en la segunda cámara ocurre la inyección de oxígeno y aireación del efluente, alimentando las bacterias aerobias. En esta fase la secuencia de la aeración es determinada por un CLP que controla el tiempo de aireación y el tiempo de descanso del efluente. El lodo generado (ahora activado) en la segunda cámara es entonces devuelto a la primera para descomponer el material que quedó retenido. La tercera cámara recibe agua limpia.

**OPERACIÓN:** El sistema es operado por un CLP, monitoreado por el fabricante y dispensa la necesidad de un operador in loco. El monitoreo permite acompañar el funcionamiento del equipo y programar visitas técnicas de mantenimiento. Es necesario prever un punto de Internet por cable o inalámbrico para el envío de los datos al fabricante. El sistema SBR KLARO es certificado por la PIA a la agencia de medio ambiente alemana, que atestigua la calidad del equipo.

**MANTENIMIENTO:** El único mantenimiento es la retirada de lodo de la primera cámara estacionalmente que se puede hacer por un limpiador.

**REACTOR ANAERÓBICO Y WETLAND**

El conjunto Reactor Anaeróbico y Wetland es el responsable de la segunda fase del tratamiento del efluente generado. Es un filtro de flujo ascendente diseñado para poseer una gran área de contacto con colonias de bacterias y micro-organismos que están presentes en los lechos filtrantes de carbón de bambú, arcilla expandida, piedras y geotextiles. En esta etapa hay un descenso de materia orgánica significativa antes de que el efluente siga hacia la siguiente fase de tratamiento.

La Wetland construida es un jardín filtrante. En el sistema proyectado las plantas macrófitas están plantadas sobre un sistema de piso elevado en el formato de cono con agujeros que permiten que solamente las raíces tengan acceso al agua. Las raíces de las plantas retiran Nitrógeno, Fósforo, Amonio y sus derivaciones además de insertar

oxígeno. Las colonias de bacterias, hongos y protozoarios están presentes en las raíces y eliminan el residuo orgánico.

### **MÓDULO DE DESINFECCIÓN Y REUSO (AGUAS GRISES Y NEGRAS)**

El módulo de Desinfección y Reuso desarrollado tiene la función de retirada de color y turbidez del agua además de desinfectar totalmente para atender patrones de reuso. El módulo está compuesto por filtros de arena de cuarzo retrolavables que poseen la función de retener partículas oxidadas por la cámara de ozono. La ozonización del efluente es la más avanzada tecnología en desinfección en términos de velocidad y eficiencia contra los patógenos presentes en los efluentes sanitarios. El módulo está programado para retirar el agua del wetland y tratar el efluente en una caja intermedia cada vez que la caja de distribución vaciar. La calidad del agua cumple los estándares establecidos por el CONAMA 357 Clase I.

OPERACIÓN / MANTENIMIENTO: El módulo funciona de forma autónoma, todos los sensores de nivel se conectan en el marco que conduce el módulo, siendo necesario solamente el retro lavado de los filtros de arena, el cambio de carbón activado anualmente y la reposición de peróxido de hidrógeno.

### **MÓDULO POTABILIZADOR DE AGUAS PLUVIALES**

El módulo de Potabilización del agua desarrollado está compuesto por filtros finos con micción decreciente que quita el menor particulado presente en el agua. Los filtros de extracción de olor y sabor se han insertado y la desinfección es hecha por una cámara de lámpara UV que esteriliza totalmente el agua instantáneamente. El módulo de potabilización recircula periódicamente el agua del depósito para garantizar que el volumen almacenado esté siempre limpio y esterilizado. Los niveles de desinfección y filtrado del Módulo de Potabilización fueron diseñados para satisfacer las exigencias de la certificación WELL, del USGBC, y de la ordenanza 2914 del Ministerio de Salud.

OPERACIÓN / MANTENIMIENTO: El módulo opera solo, todos los sensores de nivel están conectados en el cuadro que comanda el módulo, siendo necesario solamente el cambio de los elementos filtrantes anualmente y de la reposición de cloro.

## **Energía**

El término net zero remite al balance total de energía y agua de una edificación, a escala anual, cero o positiva, o sea, la edificación logra retribuir a las redes de distribución todo lo que consume durante el año, ya sea en forma de energía eléctrica inyectada en las terminales de la concesionaria, sea descargando solamente agua tratada devuelta a las galerías hídricas de una ciudad. El proyecto RAC Sede buscó más que inteligencia de diseño. Se trata de excelencia en la operación, de forma comprometida y consciente. Utilizando la herramienta de simulación energética del edificio, los datos climáticos de irradiación local levantados y las especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico, se puede estimar tanto consumo como producción de energía eléctrica del edificio a lo largo de un año típico, alcanzando el máximo de generación de energía 2750 kWh en noviembre y diciembre - en verano - y el mínimo de 1600 kWh en junio - en invierno. Hay una relación equilibrada entre la generación excedente en el verano, que compensa los picos de consumo en el invierno.

## **PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA**

Actualmente, el mercado todavía enfrenta ciertos obstáculos que generan dudas en relación a proyectos sustentables. Uno de ellos es que este enfoque en la construcción civil genera incomodidad a los usuarios, migrando la calidad de vida para actividades con muchas restricciones. Sin embargo, aplicando correctamente los sistemas y generando sinergia entre ellos, se puede tener una calidad de vida superior, con abundancia de recursos y alto nivel de confort en la operación.

Por otro lado, se cree, además, que proyectos sostenibles generan costos de implantación y operación excesivos. En la tabla al lado, fueron desglosadas las inversiones más significativas para realizar la obra (desde contrataciones de proyectos y consultoría, hasta intervenciones constructivas y adquisición de elementos paisajísticos).

Con un costo extra de aproximadamente 14%, se obtuvo como resultado un edificio corporativo de altísimo nivel tecnológico. Un nuevo paso en el sector de la construcción civil, con el objetivo de demostrar que es posible hacer más y mejor con prácticamente el mismo presupuesto.

El proyecto RAC Sede es una edificación del siglo XXI, que opera con total autonomía y mide y verifica constantemente todos sus sistemas, y aún calificada como la más sostenible del país, según el LEED.

Un objetivo aún mayor y más expresivo es el de contagiar estas prácticas en todo el mercado. Aplicar correctamente las herramientas de diseño, realizar a través de los mejores resultados, comisionar y cosechar los frutos.

## IMÁGENES PROYECTO EDIFICIO INTELIGENTE



Figura 2. Plantas de la edificación.

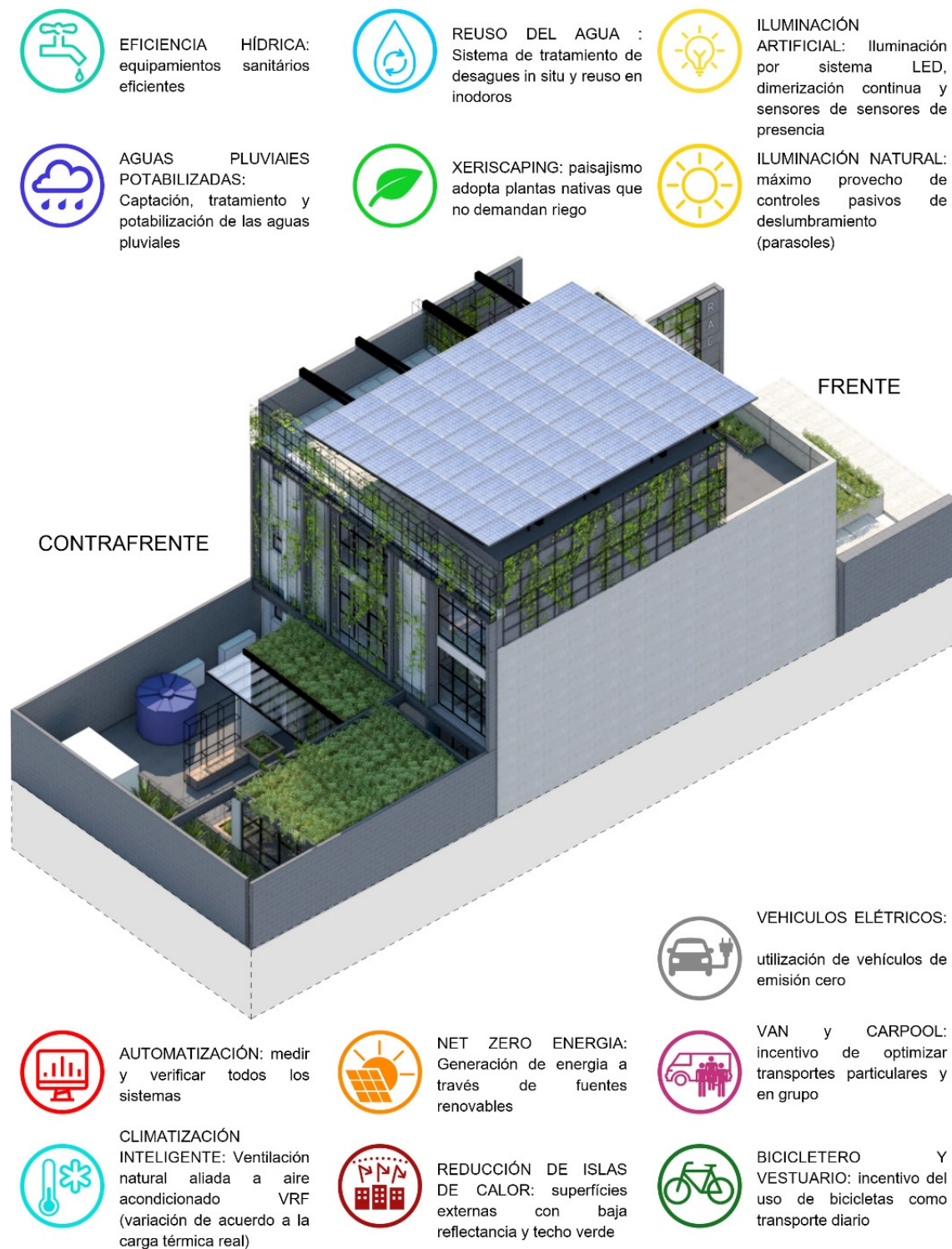


Figura 3. Recursos de sostenibilidad aplicados.

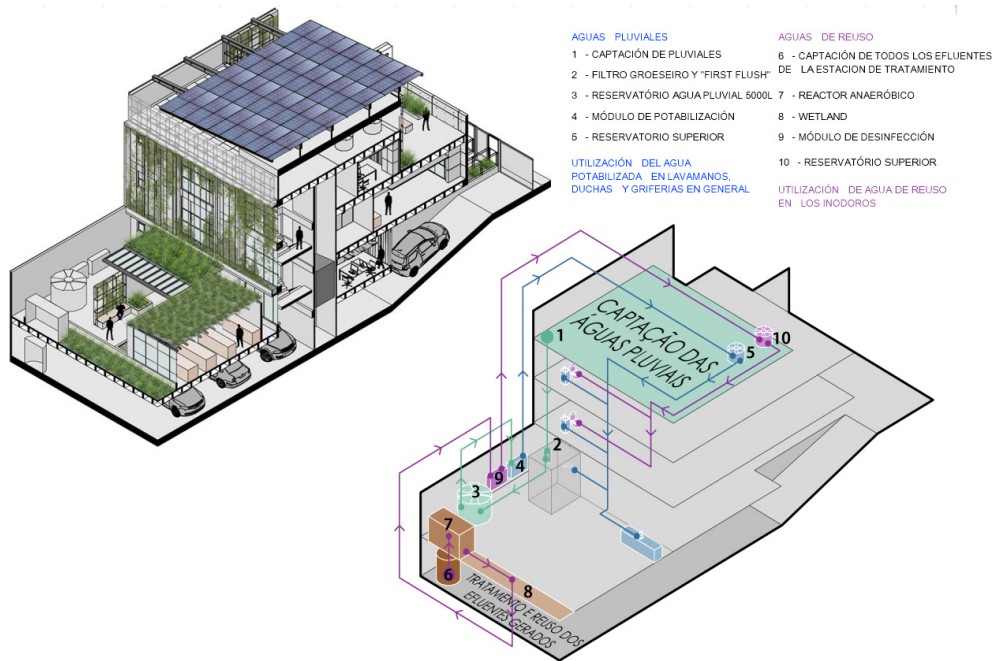


Figura 4. Lógica del sistema hídrico.

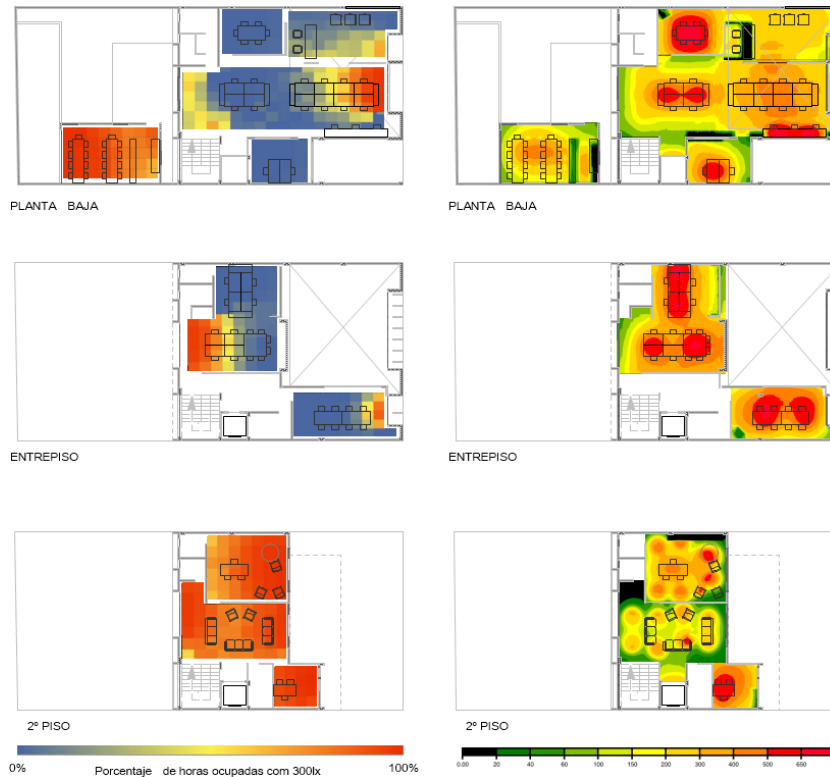


Figura 5. Simulaciones de iluminación natural y artificial, respectivamente.

## SMART GREEN HOME

**Resumen Proyecto Edificio Inteligente:** Proyecto nominado en la Light & Building 2016 (Frankfurt, Alemania), entre los 5 primeros de 47 países participantes. Solución energética para vivienda de lujo de grandes dimensiones (casi 1800m2 de casa y 4500m2 de jardín) sin posibilidad de obtener la potencia que necesita desde la red eléctrica. Unificación de los sistemas de control de producción energética y domótico, para obtener una mayor eficiencia y un nivel de confort superior. Maximización de la eficiencia energética (tanto en la parte de generación como de consumo) mediante la instalación de sistemas SmarMettering y SmartGrid. Implementación del sistema BMS Hiponoo360 como sistema de gestión y de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo del sistema de generación eléctrica.



Figura 1. Entrada principal de la villa.

DATOS GENERALES EDIFICIO INTELIGENTE	
Ubicación:	Por privacidad, solo mencionaremos que está al sur de Alicante.
Cliente:	Privado
Uso del Edificio:	Residencia habitual
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total del Proyecto:	2800m2 de casa y 4500m2 de jardín
Fecha final del proyecto:	2014 y ampliada en 2016
Premios:	- 2º Premio Eficiencia Energética España 2014, en el contexto de MATELEC.

- Nominada entre los 5 primeros de 47 países participantes en Frankfurt (Alemania) durante el contexto de la Light & Building 2016.
---

## MEMORIA DESCRIPTIVA PROYECTO EDIFICIO INTELIGENTE

### Agentes participantes en el Proyecto

Los agentes participantes en el proyecto son:

- Promotor: la Propiedad
- Proyectista: Hiponoo
- Integrador: Hiponoo
- Dirección Obra: Hiponoo
- Electronica: Hiponoo
- Electricidad: Instalaciones Eléctricas Navaluz
- Raúl Níguez Gascón, CEO: Hiponoo

### Antecedentes del Proyecto

Vivienda de lujo de 2.800 metros cuadrados, con una superficie ajardinada de otros 4.500 metros con su correspondiente sistema de riego. Dos piscinas: una al aire libre y la otra en la primera planta de la casa, que cuentan asimismo con jacuzzi y sauna. Un pozo de agua de 150 metros de profundidad, en el que trabaja una bomba que ha de alimentar dos aljibes de 2.000 litros cada uno y otros dos depósitos de 1.000 litros respectivamente, ubicados dentro de la propia vivienda. Además, cuenta con más de 165 puntos de iluminación, 29 persianas motorizadas, 220 zonas de alarma, aire acondicionado en toda la vivienda, etc. todo ello controlado con una instalación eléctrica convencional.

### Descripción del Proyecto Edificio

Debido a las dimensiones y complejidad de control de lo anteriormente mencionado, el usuario se plantea automatizar su vivienda con domótica. Las características de la vivienda hacían imprescindible la mejora de la eficiencia energética. Para ello se dota a la vivienda con sistemas de SMARTMETERING, SMARTGRID, gestión de energía in-time, generación fotovoltaica con baterías, mejora de la climatización y todo ello gestionado desde el Building Management System (BMS).

Por cambios en la red eléctrica se reduce el suministro de 22kW en trifásica a 5,75KW en monofásica. Como los equipos de gran consumo son trifásicos (ascensor, clima, bombas, etc.), debemos crear una red trifásica. A esta red la dotamos con 3 plantas de generación fotovoltaica (1 por fase) para abastecer todas las necesidades, manteniendo la red eléctrica como respaldo. Con todo lo anterior obtenemos un control unificado y un 90% de ahorro.

### Prestaciones del Edificio

Como prestaciones principales, cuenta con:

- Integración de Iluminación, persianas, Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, Audio/Vídeo.
- Control de fachadas y sombreado.
- Integración del sistema de alarma y supervisión Técnica.
- Sistema avanzado de presencia en la vivienda.
- Controladores de estancias.
- Visualización y control local/remota de forma individual y colectiva.
- Videoportero IP con llamada a teléfono móvil.
- Sistema SMARTGRID y SMARTMETERING.
- Sistema de generación solar compuesta por 3 plantas solares independientes y sistema de acumuladores.
- Sistema de auto mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de la instalación de generación eléctrica.



- Sistema avanzado de la gestión de llenado del pozo.

## Principales beneficios del sistema

Se podrían resumir en:

- Unificación de todos los sistemas que dispone la vivienda
- Confort y sencillez de control de todos los componentes y sistemas implementados.
- Aumento de la eficiencia energética de un 90% con una inversión del 5% del presupuesto total. Amortización en 6 años
- Sistema auto mantenido, con lo ahorros que ello comporta.
- Reducción de los tiempos muertos en iluminación y climatización
- Actualización con nuevas funciones de componentes KNX de más de 7 años ya instalados
- Fácil integración, ampliación y modificación de componentes en la vivienda gracias a la topología distribuida del KNX.

## MEMORIA INSTALACIONES

### Redes de Datos y Telecomunicaciones

La instalación cuenta con 1 Reuter y 7 puntos de acceso wifi para dar cobertura a toda la vivienda.

### Automatización y Control

#### *Iluminación*

- Control y supervisión de toda la iluminación a nivel individual y por sectores.
- Añadidas nuevas funciones avanzadas a los actuadores KNX de más de 7 años, como, por ejemplo: el usuario puede modificar los tiempos de retraso al encendido y/o apagado sin necesidad de abrir el ETS.
- Encendido y apagado auto/manual, dependiendo de las condiciones de la estancia.
- La iluminación en las zonas donde hay cámaras puede activarse pulsando sobre el vídeo en vivo.

#### *Climatización*

- Mejora de la eficiencia energética creando el “efecto cueva”: dependiendo de la radiación solar, posición del sol y uso de la estancia, las persianas se autoajustan de forma individual creando el efecto cueva en la vivienda.
- Cambios de modo de temperatura de Standby, Comfort y noche de forma manual y/o automática con la detección de presencia.

#### *Persianas y Toldos*

Protección de muebles: dependiendo de la radiación solar, posición del sol y uso de la estancia, las persianas se autoajustan de forma individual para evitar que la radiación dañe los muebles.

#### *Puertas y Ventanas*

Se controlan los accesos de la vivienda, pudiendo abrir y cerrar desde la domótica. A su vez, desde el sistema de control central puede verse el estado de la apertura de cada puerta y ventana.

#### *Riego*

Se integra el control de las bombas de presión para el riego con los diferentes sectores.

#### *Pozo*

Gracias a la integración, el llenado del pozo se hace de forma inteligente. De forma automática mantiene diferentes niveles en base a la ocupación de la vivienda y la planta solar.

## Sistemas de Seguridad

### **Seguridad de Intrusión**

Cualquier persiana y ventana puede generar alarma. A su vez, desde cualquier pulsador de la vivienda se puede genera una alarma de pánico.

### **Alarmas de Intrusión**

Sistema de seguridad con 220 zonas de alarmas integradas con el sistema de control domótico y conectada a central receptora.

### **Seguridad Técnica – Alarmas Técnicas**

Dispone de sensores de inundación en todas las zonas húmedas (piscina, jakuzzi, baño, etc.), detectores de humo en cocina, garaje, etc.

### **Control de Accesos**

Con la integración de la domótica, puede abrir las puertas desde cualquier parte del mundo. A su vez, también detecta acceso a zonas no deseadas dependiendo de las horas del día. La puerta principal dispone de videoportero IP el cuál le permite contestar desde cualquier parte del mundo y abrir la puerta.

### **Videovigilancia**

Sistema integrado de cámaras analógicasHD, con videograbador IP de 32 cámaras para todo el complejo.

### **Aviso en caso de alarma**

El usuario puede habilitar/deshabilitar zonas, conectar alarma, disparar alarmas, notificación de alarmas vía mail, acústico, visual, sms y PUSH. Todo ello gestionado desde el BMS.

## Sistemas de Robótica

### **Ascensores y Elevadores**

Gracias al uso de los detectores de movimiento, la vivienda puede enviar el ascensor a la planta donde tenga mayor ocupación en base a la configuración del usuario.

### **Electrodomésticos Inteligentes**

Despertador domótico en dormitorios: enciende la luz progresivamente del dormitorio hasta el 40%, pasados 4 minutos sube la persiana progresivamente hasta el 60%, sube la persiana del baño hasta el 50%, una vez que no hay nadie en el dormitorio activa el control automático de la luz hasta que vuelva a ser la hora de dormir.

## Sistemas de Multimedia

### **Altavoces / Audio Multiroom / Megafonía**

Equipos de música con interfaces RS232-KNX e IR-KNX.

### **Pantallas y Projectores**

- Control de TV con interfaces IR-KNX.
- Proyector con interfaz RS232-KNX.
- Pantalla de proyección, con salida actuador de persianas.

### **Cine en casa**

Control de sistema Home Cinema con interfaz IR-KNX.

## BMS Sistemas de Control e Interfaces

### **Web / Móvil**

Tenemos 2 distintas:

1. Pantallas táctiles para controles centrales de la domótica.
2. Visualización bajo cualquier tipo de terminal con navegador web Smartphone, PC, Tablet, etc., esta parte se divide en 2 diferentes accediendo con un solo login.
  - Control domótico mediante vista de plano y vista de tablas.
  - Control de todo el sistema energético (SMARTGRID, SMARTMETERING, etc.) y los módulos que lo componen de forma única en una vista tipo “flujos-gráficos a tiempo real” y vista tipo “menú-tablas”.
  - El sistema para control/supervisión es el mismo tanto de forma local como remota, se visualiza en HTML y en el mismo formato siempre, no requiere de aplicación especial, funciona en cualquier tipo de navegador y dispositivo con conexión a internet (Smartphone, PC, Tablet).
  - Mantenimiento del sistema de generación: predictivo, preventivo y correctivo.

### **Voz**

Actualmente estamos integrando el sistema para controlar la vivienda con SIRI y en breve con ALEXA de Amazon.

### **Presencia**

Se visualiza el seguimiento “animado” de los habitantes de la vivienda quedando registro del tiempo ocupado de cada zona de la vivienda.

### **Videoportero IP**

Integrado en el BMS: se controla tanto desde un cliente SIP genérico como realizando automatización visual desde el propio BMS.

### **Procesamiento del sistema**

Procesamiento aproximado:

- Procesa 2490 telegramas por minuto
- Chequea las mismas operaciones lógicas 10100 veces por minuto
- Escribe 102819 entradas por minuto
- 579 Puntos de logueo

### **Contadores en la vivienda**

- Contadores físicos: 4 (3 trifásicos 1 monofásico)
- Contadores virtuales (creados en el CBSE): 4 (2 trifásicos 2 monofásico)

### **Comunicaciones**

6 líneas KNX TP, 2 líneas KNX IP, 1 línea KNX RF, 1 línea MODBUS TCP-RTU, MODBUS TCP

## **Energía**

Sistema con posibilidad de suministrar 44.7kW pico de potencia instantánea. Gracias a la integración real del sistema de generación y almacenamiento con la domótica, la intervención humana se reduce a ver “¿cuánto he ahorrado hoy?”.

### **Integración de Renovables**

Compuesta por 3 plantas solares independientes de 9kW cada una. Estas plantas están construidas sobre una estructura elevada a 5 metros del suelo, la cual, hace de sombraje en la zona de piscina.

### **Almacenamiento Energético**

Sistema de almacenamiento con baterías de GEL sin mantenimiento de gran capacidad. La integración cuenta con sensores de temperatura en todas las baterías y mediciones de voltajes para mejorar el rendimiento de las baterías.

### **Sistema Trifásico**

Creamos una instalación trifásica para suministrar electricidad a los diferentes equipos de la vivienda.

### **Sistema de mantenimiento**

Se monitorizan los 6 inversores, todos los cables de CC y CA, las baterías y telecomunicaciones del sistema, etc., de esta forma conseguimos integrarlos y crear un sistema de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. El ser humano no tiene que hacer nada en el sistema si no se lo dice el sistema.

### **Interfaces**

Se han integrado bajo un mismo sistema: KNX TCP/IP, KNX TP y KNX RF, MODBUS TCP/RTU, MODBUS IP, COMSMA, PLC, SIP, RTSP, Notificaciones PUSH.

### **Escenarios**

El usuario puede crear “infinidad” de escenas desde el propio BMS, estas escenas pueden ser ejecutadas desde cualquier pulsador de la vivienda. A su vez, cuenta con las escenas por defecto de: pánico, fiesta, salir, entrar, salida silenciosa, etc. En las escenas puede intervenir cualquier equipo integrado.

## **PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA**

El coste de la instalación ha supuesto entre el 2-5% del coste total de la construcción.

## **IMÁGENES PROYECTO EDIFICIO INTELIGENTE**



*Figura 2. Integración planta sobre estructura elevada.*



Figura 3. Inversores y baterías del sistema de generación.



Figura 4. Visualización estación meteorológica.

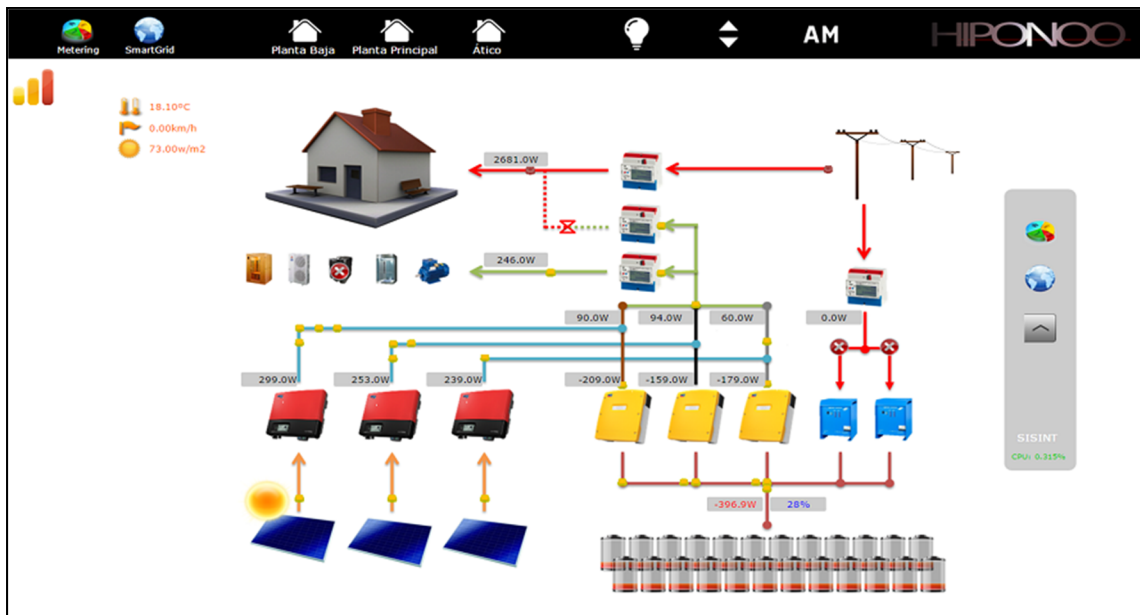


Figura 5. Visualización del sistema SMARTGRID.



Figura 6. Visualización del sistema de SMARTMETERING.

## LOS EDIFICIOS INTELIGENTES DEL MAÑANA, HOY: HOTEL SUITOPÍA CALPE

**Resumen Proyecto Edificio Inteligente:** Los edificios inteligentes del mañana, hoy - Hotel Suitopía en Calpe, 33 plantas automatizadas que satisfacen todos los requisitos del cliente. El hotel Suitopía en Calpe es un edificio que consta de 30 plantas, 200 habitaciones dobles con cocina ,32 habitaciones dobles y más de 10 salones multi-funcionales. El hotel está completamente automatizado integrando varias plataformas, tales como Ethernet, Bacnet y KNX. Se diferencian 4 tipos de control: Control de habitaciones y zonas comunes, clima, producción de ACS y supervisión energética. Las principales premisas por parte de la propiedad eran las siguientes; edificio lo más eficiente posible, poder controlar la contratación o no de servicios adicionales, supervisión y mejora de los servicios de mantenimiento del edificio, y hacer vivir una nueva sensación de confort al cliente.

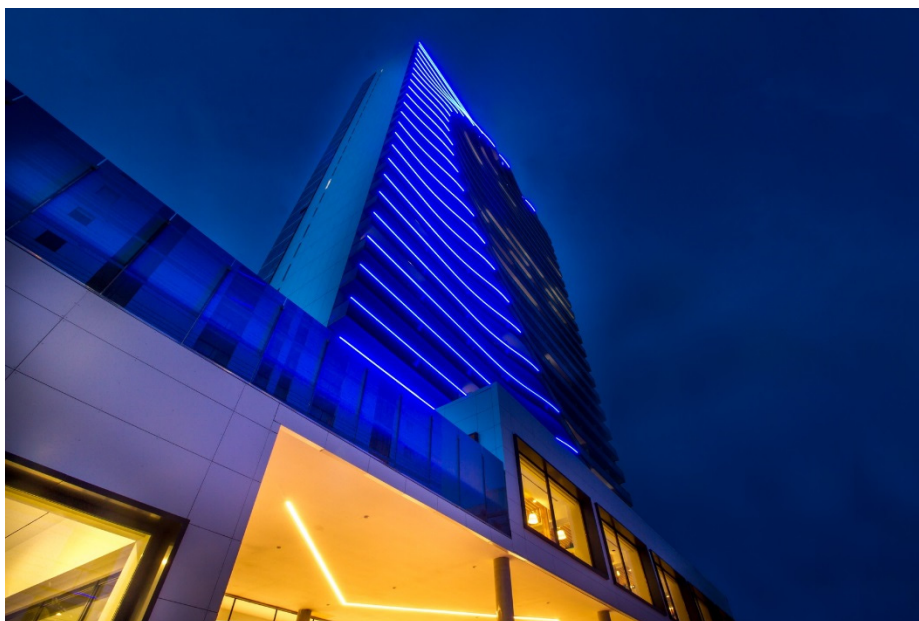


Figura 1. Fachada iluminación DMX hotel Suitopía.

DATOS GENERALES EDIFICIO INTELIGENTE	
Ubicación:	Calpe, provincia de Alicante. Comunidad Valenciana
Cliente:	Hotel Suitopía
Uso del Edificio:	Hotel
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total del Proyecto:	33 plantas, 105 metros de altura y 28.000 m2 cuadrados de edificio + 21.000 m2 de zonas de ocio exteriores.
Fecha final del proyecto:	Mayo 2017
Otros:	La propiedad del hotel recibió en el 2014 el premio al turismo de la Cámara de Comercio de Alicante.

## MEMORIA DESCRIPTIVA PROYECTO EDIFICIO INTELIGENTE

Con las siguientes imágenes queremos describir la forma topológica en la que se ha acometido la instalación. Es importante resaltar que es un proyecto con una solución INTEGRAL de ABB.

- TOPOLOGÍA DE LA INSTALACIÓN CADA CUATRO PLANTAS: Cada cuadro de control da servicio a cuatro plantas, y cada planta dispone de un bus KNX independiente con una fuente de 640mA de ABB, comunicada mediante un IP Router KNX/ABB.

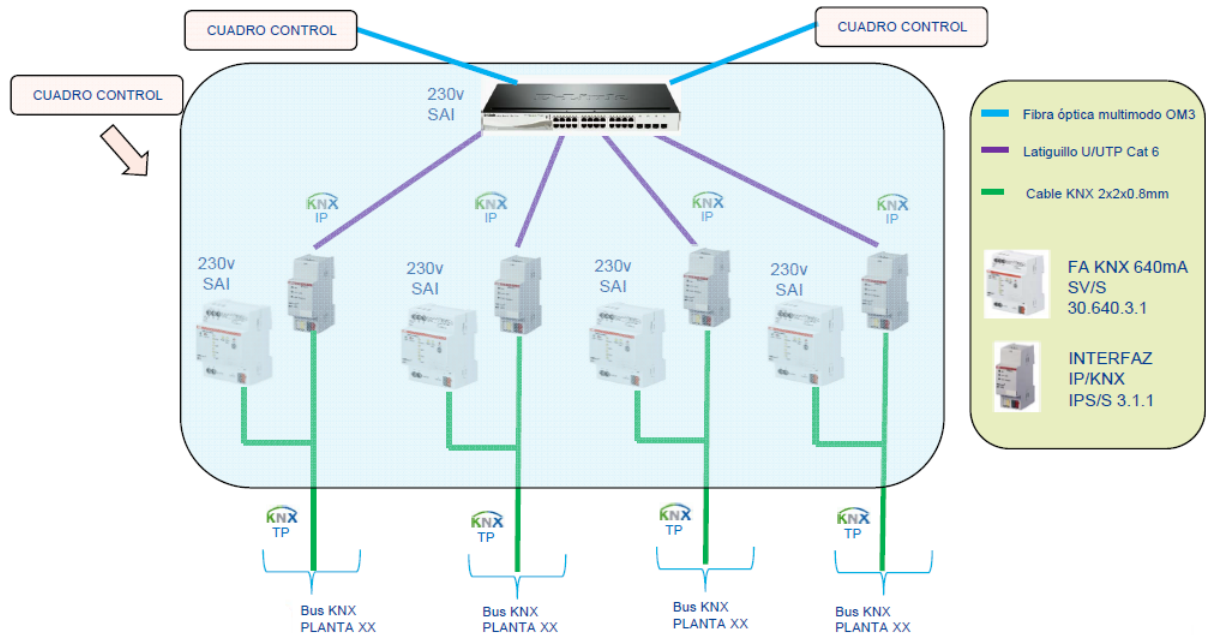


Figura 2. Topología de plantas.

- En esta red IP hay instalados dos servidores redundantes que albergan el BMS, el MAIN y el BACKUP, asegurando doble redundancia en la red IP y en los servidores.



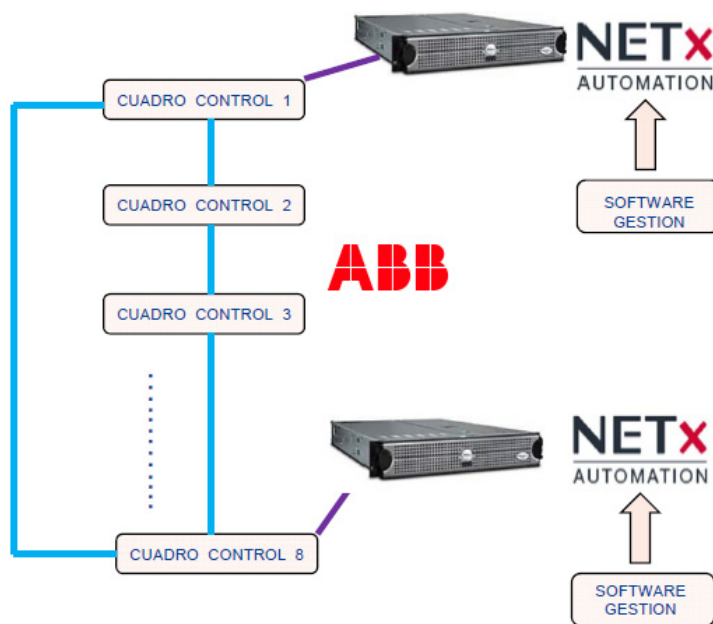


Figura 3. Arquitectura de red.

## Agentes participantes en el Proyecto

Los agentes principales que han participado en el proyecto del hotel Suitopia son los siguientes:

- Promotor: Solymar
- Proyectista: Guillermo Oltra
- Integrador: Integrador Alicante
- Dirección Obra: Javier Gimenez
- Otros Agentes: ABB, Montajes eléctricos Roldan, ABM REXEL.

## Antecedentes del Proyecto

La propiedad, dado su experiencia hotelera, se plantea a la hora de definir este nuevo proyecto la posibilidad de dotarlo de equipamiento que mejore la eficiencia energética, el confort del visitante, y el mantenimiento del edificio.

## Descripción del Proyecto Edificio

Se trata de edificio destinado a hotel con un total de 200 habitaciones dobles equipadas con cocina y 32 habitaciones dobles, además de salones para reuniones, salón buffet, recepción y múltiples zonas comunes tales como una cafetería panorámica en la planta 33 del edificio.

## Prestaciones del Edificio

El equipamiento de automatización del edificio consta de las siguientes prestaciones:

- Iluminación de habitaciones: Control de todos los puntos de luz de forma manual mediante mecanismos convencionales de la serie SKY de Niessen; Pulsadores todo OFF en los cabeceros de la cama; escena de bienvenida (check-in).
- Equipamiento de cocina: Dicho equipamiento es un extra, al contratarlo el cliente, desde recepción se activa el servicio (electrodomésticos y cajones de cocina) mediante la automatización del sistema.
- Control de tomas de corriente de la habitación desde recepción.

- Control del consumo energético en las habitaciones mediante contadores inteligentes de ABB en combinación con la automatización.
- Control de presencia en habitaciones mediante la combinación de detectores de presencia de KNX de ABB + el interruptor de tarjeta + contacto de puerta (funciones lógicas KNX de ABB) que permite asegurar la desconexión de la iluminación, cocina, y variar la temperatura de consigna del clima.
- Integración de la climatización de las habitaciones con el sistema de automatización del edificio mediante Bacnet.
- Control de iluminación en pasillos de habitacione y escaleras mediante detectores de presencia KNX de ABB con funcionalidad de detección de corriente indicando en la visualizació la detección de una luminaria fundida
- Control de renovación de aire mediante parámetros horarios con detección de corriente.
- Iluminación de terrazas de habitaciones mediante parámetros horarios y detección de corriente
- Control del consumo energético en zonas comunes en pasillos y escaleras mediante contadores. inteligentes de ABB en combinación con la automatización.
- Control de disparo de los interruptores diferenciales de las habitaciones, zonas comunes y ascensores con aviso en el sistema de visualización.
- Control de funcionalidad y maniobra del sistema ACS integrado mediante autómatas programables de ABB y el sistema de automatización del edificio.
- Control de iluminación y clima en salones compartimentables mediante el sistema DALI/KNX de ABB gobernados a través de pantallas táctiles de ABB.
- Control iluminación y clima del resto de zonas comunes desde cualquier ordenador del hotel.
- Control de todos los parámetros eléctricos de las líneas eléctricas generales mediante Analizadores de Red de ABB comunicándose con el BMS mediante Ethernet.
- BMS de 25.000 puntos con control de las plataformas KNX, Bacnet, Ethernet y Modbus representando mediante SCADA las distintas funcionalidades exigidas por la propiedad.

## MEMORIA INSTALACIONES

En cuanto a dispositivos que intervienen en la memoria de la instalación podemos hablar de:



Figura 4. Actuador 12 canales SA/S 12.10.2.1 para el control de elementos de iluminación de las habitaciones. 20 salidas por habitación doble y 16 salidas por habitación mixta.



Figura 5. Actuador 16 A 8 canales con detección de corriente SA/S 8.16.6.1, para el control de servicios comunes de planta.



Figura 6. Actuador 8 canales 16 A SA/S 8.16.5.1, para el control de los servicios de pago de las habitaciones (electrodomésticos).



Figura 7. Pasarela DALI DG/S 1.64.1.1, para el control de la iluminación de los salones, recepción.



Figura 8. Pantalla táctil 6136/07-811-500, para el control de las recepción y salones.



Figura 9. Entrada binaria 8 cables BE/S8.20.2.1, para el control de los pulsos de los contadores de energía y control del disparo de los diferenciales.



Figura 10. Entradas binarias de 4 y 12 canales US/U 12.2 y US/U4.2, para el control de las entradas/ accionamientos de los pulsadores de cada una de las habitaciones.



Figura 11. IP Router IPR/S3.1.1, para comunicación entre plantas con el resto de los componentes de la automatización y BMS.

Detector de movimiento PREMIUM 6131/31-24-500 está instalado para el control de presencia en las habitaciones con las funciones lógicas para el control del clima. También se han utilizado para el control de presencia en las zonas comunes del hotel.

La Fuente de alimentación con diagnóstico SV/S30.640.5.1 esta instalado para alimentar los componentes del sistema de automatización KNX de ABB y al tener función de diagnositico nos permite visualizar in situ la monitorización del flujo de telegramas.



Figura 12. Detector de movimiento PREMIUM 6131/31-24-500. Figura 13. Fuente de alimentación con diagnóstico SV/S30.640.5.1. y Figura 14. Autómata programable AC500.

A través de las entradas y salidas del autómata programable AC500 nos permite la automatización y monitorización TOTAL del agua caliente sanitaria

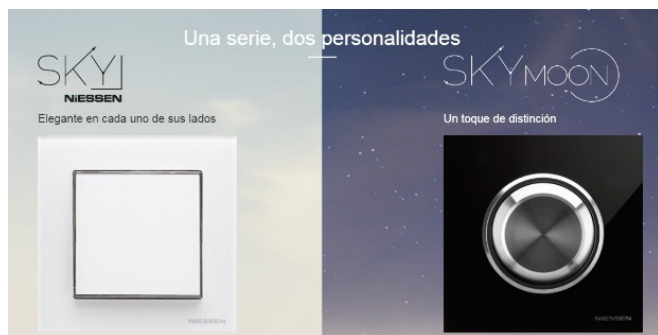


Figura 15. Serie SKY de ABB Niessen.



Figura 16. CGBT's.

Nos permite el control manual de todos los circuitos a través de la serie de empotrados con más diseño y actual del mercado, teniendo diferentes funcionalidades tales como tomas de HDMI, botones all OFF, etc.

Cuadros generales de baja tensión de ABB con conmutación automática del grupo y dispositivos de visualización.

## Automatización y Control

La mayor inversión tanto en producto como en funcionalidad esta en la automatización y el control del edificio, a continuación, expondremos de una forma general los beneficios que se han conseguido en cada uno de los puntos, ya que anteriormente los hemos expuesto en el punto de prestaciones del edificio.

### Iluminación

Control del 100% de la iluminación del edificio obteniendo beneficios tanto en ahorro de energía como facilitando labores de mantenimiento, sin olvidarnos que aporta confort a la estancia del cliente con una estética innovadora y atractiva.

### Climatización

Integración de las pasarelas VRV del fabricante del aire acondicionado mediante el sistema de automatización KNX de ABB, consiguiendo medir energía consumida y control TOTAL desde el BMS.

## Sistemas de Seguridad

### Seguridad Técnica – Alarmas Técnicas

ACS (Agua caliente sanitaria), control de todos los parámetros con mensajes de alarma remota avisando a los responsables del servicio técnico en caso de avería.

## BMS Sistemas de Control e Interfaces

NETX BMS 2.0. Solución flexible y escalable de software BMS capaz de integrar los principales estándares de comunicación empleados en edificios. Actúa de base de datos para almacenar históricos y de traductor entre los diferentes protocolos que se utilicen, además dispone de webserver para visualización basada en smartphones, tables o browsers.

- Solución MAIN / BACKUP. Se propone una solución redundante utilizando dos servidores, así antes cualquier incidencia en uno de los servidores donde esta alojado la aplicación, el segundo servidor tomará las riendas de la
- instalación “sin paso por “0”, ni pérdida de información alguna.
- Netx Voyager. Solución software profesional de visualización “SCADA”, que actuará de interfaz de usuario y podrá ser alojado en cualquier PC de la instalación para el control de la misma. Dicho software se nutrirá de



Figura 17. Contador de energía B23 de ABB para zonas comunes.

Figura 18. Contador de energía C11 de ABB para habitaciones.

la información que le suministrará normalmente del servidor “main” y ante cualquier incidencia en este, interactuará con el servidor “backup”.

- Netx Mars. Solución software de medición e informes (metering and reporting Systems MaRS).
- Generación de informes de consumo o de cálculos.
- Generación de informes y documentos definidos por el usuario.
- Exportación de informes (PDF, excel, e-mail, etc.).

## Accesibilidad

Los baños para personas de movilidad reducida están dotados del Sistema de Avisos y Señalización de ABB Niessen.

## Interfaces

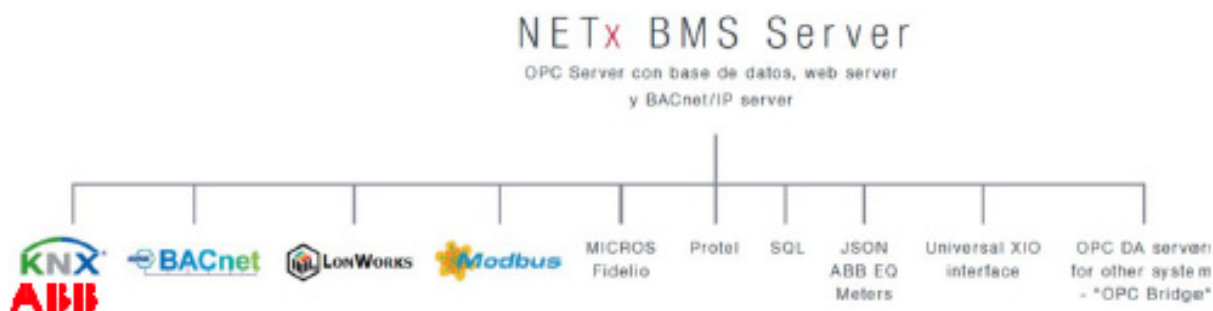


Figura 19. Solución BMS.

## Funcionamiento General

### *Operación y Mantenimiento*

Gracias a los actuadores de KNX con detección de corriente y a la señal de los dispositivos combinados con el sistema de automatización se consigue una mejora en el mantenimiento y prevención de posibles averías.

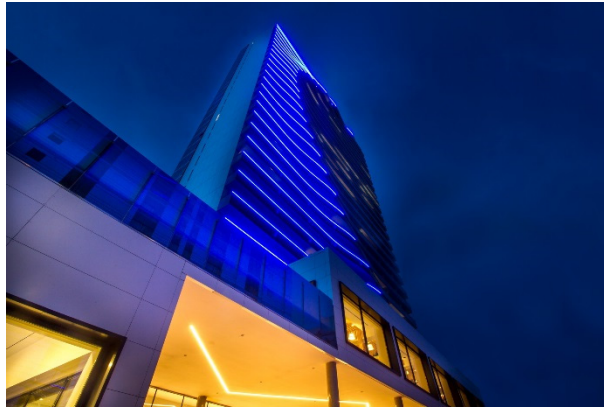
### *Gestión Energética*

Mediante el control energético del edificio el cliente tiene la posibilidad de adaptar tarifas eléctricas acordes con los parámetros horarios de mayor consumo, consiguiendo una optimización del gasto energético.

## Escenarios

La adaptación de la iluminación y clima a las distintas configuraciones de los salones se consigue mediante escenas preprogramadas en las pantallas táctiles.

El control de la fachada principal del hotel con cambios de color y dibujos en el mismo, se combina mediante el sistema de automatización y el BMS.



*Figura 20. Fachada Hotel Suitopía.*

## **PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA**

En todo momento del desarrollo del proyecto se ha tenido en cuenta en cada una de las funcionalidades el retorno de la inversión del mismo, primando estas funcionalidades al costo de la inversión.

La propiedad tenía claro los beneficios que le aportará el sistema en el futuro, tanto en reducción de costes de energía como en la reducción de futuros costes de mantenimiento.

## **IMÁGENES PROYECTO EDIFICIO INTELIGENTE**



*Figura 21. Habitación doble.*



*Figura 22. Comedor buffet.*



*Figura 23. Cafetería SKY planta 33.*

PATROCINIO ORO:



PATROCINIO BRONCE:

