



Proyecto LIFE DOMOTIC: sistemas de control y monitorización domótica de consumos energéticos en tres edificaciones

Autor: Jorge Guerra Matilla

Institución: Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León

Otros autores: Nieves Zubalez Marco, Jesús Díez Vázquez, Javier Lorente Magén, César Romero Tierno y Zaqueo Azcona Benavides.

Resumen

DOMOTIC es un proyecto aprobado por la Unión Europea dentro del instrumento financiero LIFE, que tiene por objeto la validación de un modelo de innovación en instalaciones domóticas. El proyecto se está desarrollando en tres centros, dos del Grupo *San Valero*, en Zaragoza (Centro de Educación Secundaria de la Fundación *San Valero* y el Campus de la Universidad *San Jorge*) y uno en Valladolid (el Centro de Recursos Ambientales de Castilla y León del complejo PRAE):

- En el edificio de la Fundación *San Valero* se han realizado diversas actuaciones de ahorro energético, orientadas a mejorar el uso y el consumo del sistema de iluminación. En la actualidad, se está llevando a cabo una mejora en la eficiencia energética aplicada al área de climatización, mediante la aplicación de medidas de bajo coste, dirigidas a alcanzar una correcta gestión con resultados inmediatos en lo relativo al ratio coste - beneficio ambiental.
- En el Campus de la Universidad *San Jorge* se ha implantado un sistema para controlar y monitorizar la iluminación y las instalaciones de los edificios que lo forman, así como medidas relativas a la mejora de la climatización mediante, el uso correcto y optimización de dispositivos ya existentes y su mejora en la programación de softwares complementados con la instalación de pequeños dispositivos.
- En el edificio del complejo PRAE, se han implementado diversas soluciones tecnológicas domóticas con dos niveles técnicos complementarios: uno pretende mayor eficiencia en las instalaciones existentes, y para lograrlo se han colocado dispositivos que optimizan su uso; el otro tiene como objetivo lograr una gestión conjunta de las instalaciones existentes, para lo cual se ha diseñado un sistema de medición de consumos que permite el control, la programación y la monitorización de las instalaciones en remoto.

A través del desarrollo de estas tres actuaciones se pretende elaborar unas conclusiones aplicables a edificaciones ya construidas de utilización pública y de uso intensivo (universidades, centros de estudios...), que permitan una mejora superior al 50% en la función energética de sus instalaciones.

Palabras claves: domótica, eficiencia energética, edificios de energía casi nula, difusión pedagógica.

1. INTRODUCCIÓN.

DOMOTIC es un proyecto innovador y demostrativo aprobado por la Unión Europea en el marco del instrumento financiero para el medio ambiente “LIFE” que tiene por objeto la demostración de modelos para la optimización de tecnologías para la construcción inteligente y que se está desarrollando entre 2011 y 2013 en tres complejos edificatorios: dos se localizan en Zaragoza y pertenecen al Grupo *San Valero* (Fundación *San Valero* y el Campus de la Universidad *San Jorge*); el otro se localiza en Valladolid y está promovido por la Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León.

El desarrollo del proyecto cuenta con la colaboración de tres entidades vinculadas al medio ambiente:

- **Graz Energy Agency** (Austria)
Empresa semipública fundada en 1998 para promover la eficiencia energética y las energías renovables, con especial énfasis en servicios innovadores de eficiencia energética.
- **Europa Innovación y Desarrollo, SL** (España)
Empresa especializada en la asistencia técnica y evaluación de procesos en proyectos de innovación tecnológica y medio ambiente a nivel internacional.
- **ADESOS Asociación para el Desarrollo y la Sostenibilidad** (España)
Entidad sin ánimo de lucro que contribuye al desarrollo de la sociedad en todos los ámbitos socioeconómicos tanto a nivel de políticas de incremento del nivel económico, y por tanto el desarrollo y competitividad de las empresas y personas en sus ámbitos laborales, de innovación, investigación y promoción internacional.

Además, en Zaragoza el proyecto DOMOTIC cuenta con la asistencia técnica de la empresa Álvarez Beltrán y en Valladolid con la asistencia técnica de ELECNOR.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO DOMOTIC

I. Demostrar y cuantificar el gran potencial de reducción de emisiones de CO₂ en tecnologías inteligentes y modelos de construcción (automatización de viviendas e inmótica de última generación).

II. Modelar y potenciar patrones de estandarización de instalaciones inteligentes reforzando los objetivos de la Directiva 2002/91/CE en rendimiento energético de edificios educativos, instituciones y edificios públicos como plataforma de experimentación demostrativa.

III. Certificar el valor añadido de las aplicaciones domóticas como instrumentos y tecnologías presentes en el mercado que permiten alcanzar una reducción de emisiones con una buena relación entre coste y eficacia.

IV. Reducir, mediante la automatización de los edificios, hasta un 50% de su consumo energético en aire acondicionado y hasta el 80% de su iluminación, en comparación con instalaciones convencionales.

V. Definir y difundir a escala nacional e internacional modelos y estándares de regulación y control domótico con el fin de garantizar los rendimientos energéticos más elevados y el nivel menor de emisiones posible.

VI. Estimular un comportamiento eficiente en la utilización de la energía entre los trabajadores y usuarios ((profesores, funcionarios, estudiantes y ciudadanos) de los edificios mediante el uso de herramientas que evalúen los rendimientos energéticos y los indicadores de reducción de emisiones asociados y la difusión pedagógica de los resultados..

3. DOMOTIC EN EL EDIFICIO DE LA FUNDACIÓN SAN VALERO.

Es un edificio construido en los años ochenta del siglo XX en el que se imparte educación secundaria obligatoria, bachillerato y cursos de especialización profesional (en colaboración con el Ministerio de Educación y Ciencia). Cuenta con más de 1.000 estudiantes por curso (ver imagen 1).



Imagen 1

3.1. ESTUDIO DE NECESIDADES.

Tras realizar una auditoría inicial de los consumos energéticos, se determinó que el **primer** ámbito de actuación del Proyecto DOMOTIC, sería el *control de iluminación* del edificio.

Se estableció como condición que el proyecto cumpliera con la normativa existente sobre eficiencia energética en instalaciones de iluminación, (norma UNE 12464-1 "Iluminación en lugares de trabajo"). Además, se señalaron cuatro valores para medir la eficiencia energética de la iluminación (VEEI): la iluminancia mantenida (E_m), la uniformidad, el índice de deslumbramiento unificado (UGR) y el índice de reproducción cromática (R_a).

3.2. DESARROLLO DEL PROYECTO.

La solución adoptada para el *control de la iluminación* establece una red de dispositivos KNX (imagen 2), que permite que todos los componentes de la instalación formen aplicaciones distribuidas gracias a potentes modelos estandarizados de interoperabilidad.

La instalación se divide en zonas y cada una cuenta con un sistema de regulación y control con las siguientes características:

- Las zonas de uso esporádico disponen de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema temporizado. Durante el horario lectivo el control de iluminación se hace mediante detección de presencia. Cuando acaba el horario lectivo (con un margen de tiempo) se ordena al sistema el apagado hasta el día siguiente.
- Las zonas con aulas cuentan con sistemas de aprovechamiento de luz natural, que regulan el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural. Una vez que las luminarias se encienden, su intensidad se regula mediante equipos electrónicos situados en cada unidad, lo que permite crear diferentes escenas y facilita su mantenimiento al detectar fallos de forma individualizada. (Imagen 3)
- Todos los circuitos de iluminación permite conocer su estado (encendido o apagado) de forma local, mediante su pulsador o una pantalla táctil situada en centro de control del edificio.

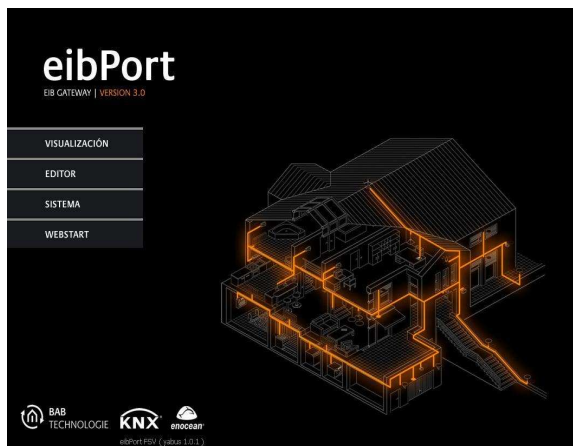


Imagen 2

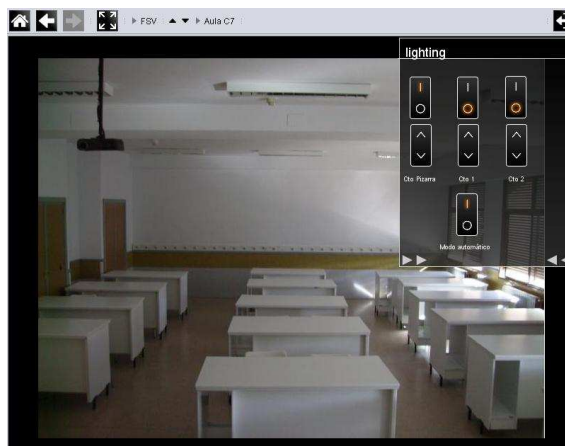


Imagen 3

La programación de cada uno de los parámetros del sistema se ha realizado con software KNX de programación denominado ETS. Este software nos permite definir cada uno de los elementos del sistema y asociarlo con una funcionalidad concreta, bien de manera individual o colectiva. (ver imagen 4.1. y 4.2.).

El control de los dispositivos implantados se realiza de cuatro formas complementarias:

- Pantalla táctil.* El conserje del edificio dispone de una pantalla táctil en la que puede controlar el estado de todo el sistema, garantizando en todo momento el correcto funcionamiento del mismo.
- Servidor Web.* Se ha incluido en la instalación un servidor web de tal manera que todo el sistema es accesible via Internet. De tal manera que podemos tener un control total accesible mediante cualquier dispositivo con conexión a Internet. En esta instalación se han instalado distintos contadores de energía para poder estimar los ahorros energéticos obtenidos. Estos contadores se conectan directamente al sistema KNX
- Pulsadores KNX.* Están situados en cada aula, lo que permite establecer un modo automático de funcionamiento o regular cada circuito de iluminación de modo independiente.
- Pulsadores de persianas.*

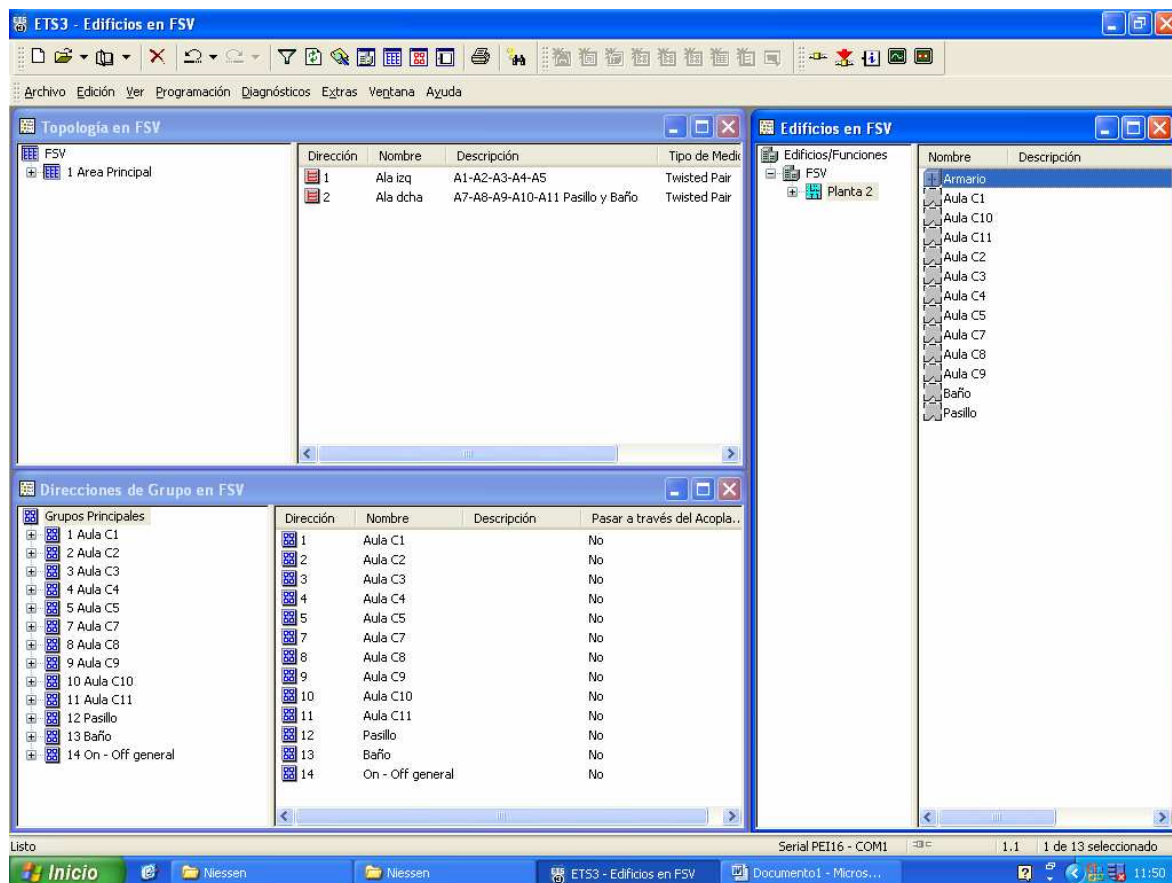


Imagen 4.1. Servidor Web

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS.

La auditoria inicial indicó que los consumos reales en las áreas de actuación del proyecto *DOMOTIC* eran de 40.455 kWh/año, lo que representa el 10,10 % del consumo del edificio de la Fundación *San Valero*.

Con las medidas implementadas se espera lograr unos ahorros del 55% en la planta C y del 40% en la planta E.

El cumplimiento de estas previsiones iniciales supondrá un ahorro energético de 18.960 kWh/año, es decir, un ahorro del 46,87%.

Dichos valores, además, significarían un ahorro de 1,630646 tep/año y una estimación de 14,9041 tCo₂.

En la auditoria de Mayo de 2013 se confirmarán los resultados obtenidos.

En la actualidad, se está abordando el área de climatización, instalándose en el cuarto de calderas de edificio un cuadro de control que regulará la climatización del ala sur del edificio mediante la información suministrada por las válvulas colocadas en puntos críticos de las diferentes plantas del ala sur. Y la aplicación de medidas domóticas de bajo coste cero generadoras de resultados inmediatos. La fase de instalación del área de climatización terminada a finales de octubre de 2012, se verá culminada por la integración de la gestión del clima en el software de control elaborado "ad-hoc" y que hasta ahora controlaba la iluminación, para un edificio construido en los años 80, que ha tenido y mantiene una gran afluencia, con horarios intensivos diarios (de 8 de la mañana a 10 de la noche). Se esperan alcanzar unos resultados inmediatos de esta tercera fase de instalación que aborda específicamente el área de climatización y la recopilación conjunta y análisis de datos de todas las acciones implantadas (iluminación y climatización) en el edificio durante el curso 12/13 recientemente comenzado, así como un elevado ahorro de emisiones de CO₂ demostrados por los dispositivos domóticos y los modelos validados de estandarización de instalaciones inteligentes en sus dos edificios (centro de formación profesional y universidad).

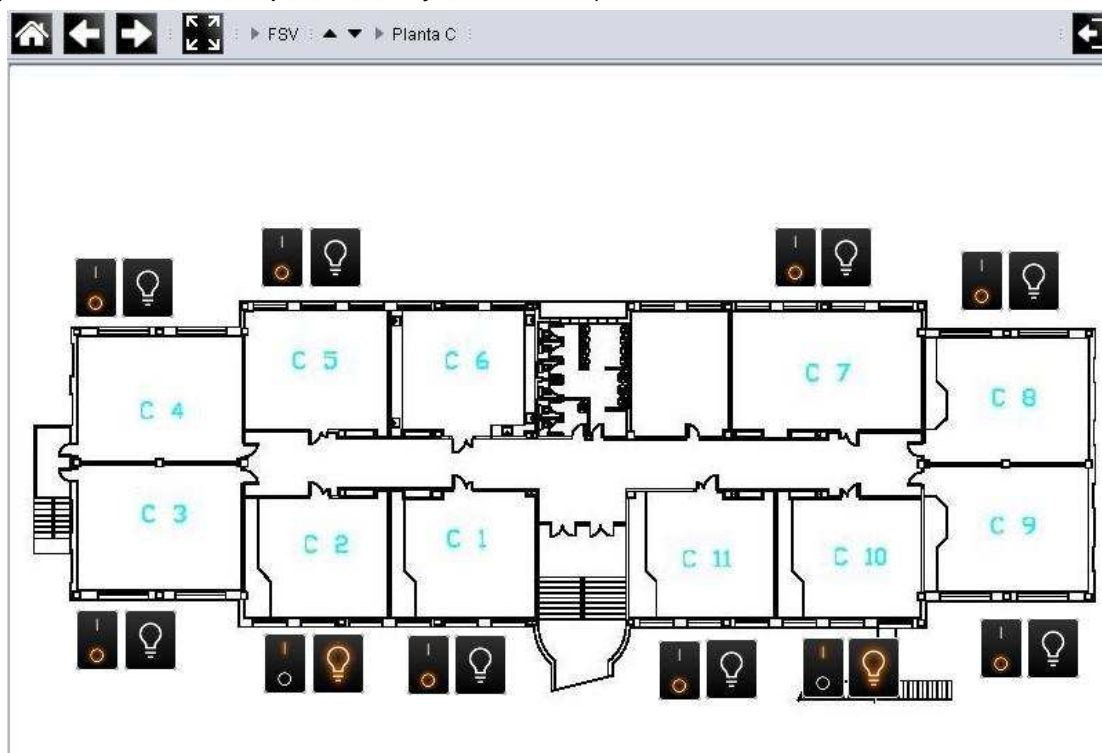


Imagen 4.2. Pantalla táctil

4. DOMOTIC EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD SAN JORGE

En el Campus de la Universidad *San Jorge* estudian cerca de 1.000 alumnos cada curso y los edificios en los que se está implantando el proyecto DOMOTIC (Rectorado, Facultad de Comunicación y Facultad de Ciencias de la Salud) tienen menos de 5 años de antigüedad (ver imagen 5).



Imagen 5

4.1. ESTUDIO DE NECESIDADES.

Los tres edificios universitarios han sido diseñados y construidos siguiendo criterios de eficiencia energética. No obstante, carecían de analizadores y controladores que permitieran una automatización de la gestión de la iluminación y de los consumos energéticos.

Además se detectó una dificultad inesperada: era inviable cablear de nuevo por lo que se decidió aprovechar toda la red de voz y datos (informática) existente.

4.2. DESARROLLO DEL PROYECTO.

Las tres soluciones adoptadas, que deben servir a la vez para los tres edificios del Campus, son las siguientes:

- Instalar detectores para automatizar la iluminación de los baños.
- Instalar un sistema de control KNX (exactamente igual al de la Fundación San Valero) para el control de la iluminación de manera automática de las zonas comunes.
- Instalar Analizadores de Redes para la monitorización y control de los consumos en cada edificio.

Se trata de conectar los sistemas domóticos KNX de cada uno de los tres edificios mediante el uso de KNX/IP routers. Estos routers nos permiten intercambiar telegramas entre el sistema KNX e Internet convencional, pudiendo utilizar las redes de datos existentes (ver imagen 6)

Además, para monitorizar los consumos energéticos de los distintos edificios instalamos ARES con un conversor RS485 a Ethernet, que convierte los datos de este protocolo a Ethernet y toda la información se configura en red (imagen 7).

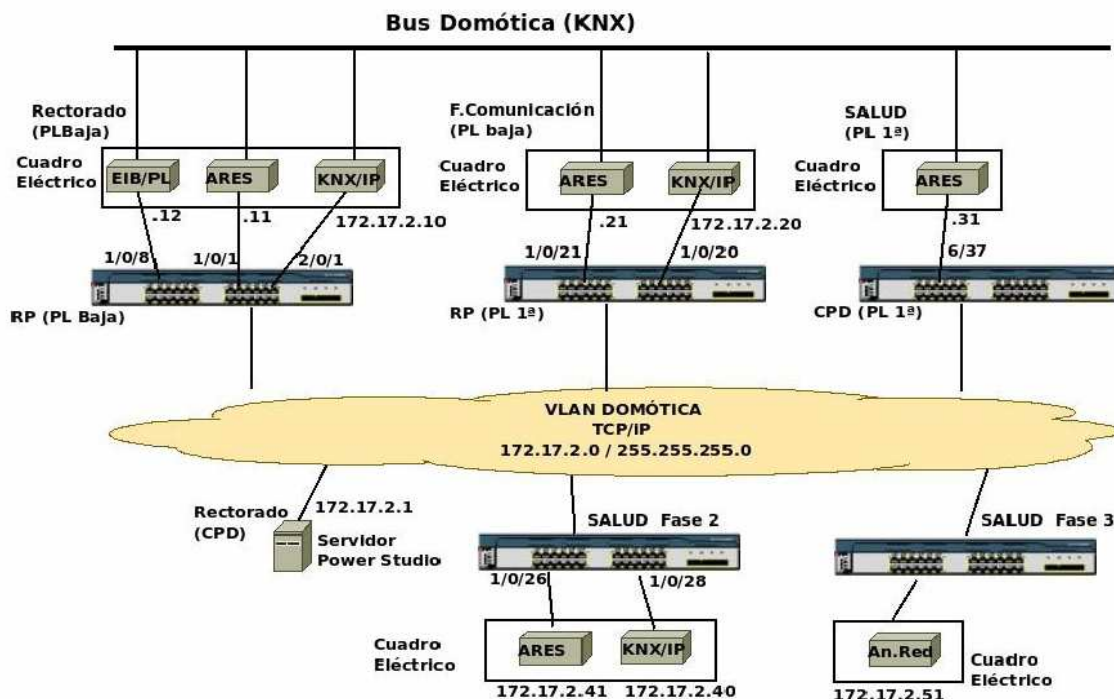


Imagen 6

Por último, para el almacenamiento y control del sistema se han instalado dos servidores:

- Servidor Web KNX. Al igual que en San Valero, nos permitirá acceder al sistema para un control total del mismo mediante cualquier dispositivo con conexión a Internet. PCs en red, teléfonos móviles...
- Servidor de almacenamiento donde se registran los datos proporcionados por los analizadores de redes. Este servidor también se encuentra en red, por lo cual podemos acceder a los datos del mismo de manera remota.

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS.

La auditoria inicial indicó que los consumos reales en las áreas de actuación del proyecto DOMOTIC eran de 77.105,52 kWh/año, lo que representa el 5,5% del consumo de los tres edificios del Campus.

Con la medidas implementadas se espera lograr un ahorro del 30%.

El cumplimiento de estas previsiones iniciales supondrá un ahorro energético de 23.132 kWh/año.. es decir, un ahorro del 46.87%.

Dichos valores, además, significarían un ahorro de 1,9893 tep/año y una estimación de 18,18 tCo₂.

En la auditoria de Mayo de 2013 se confirmaran los resultados obtenidos.

Adicionalmente a estas medidas, se han aplicado medidas de coste casi nulo identificadas en la auditoría centradas principalmente en optimizar la fra. energética mediante un adecuado dimensionamiento del sistema de calefacción ya existente. El proyecto ha supuesto para este edificio, moderno, de reciente creación una mejora no solo en su factura energética y rendimientos desde el comienzo de su funcionamiento, sino que además ha supuesto una parada en el camino que ha permitido depurar procedimientos hasta alcanzar una gestión cuasi perfecta de unas instalaciones modernas y con un gran potencial.

5. DOMOTIC EN EL CENTRO DE RECURSOS AMBIENTALES DE CASTILLA Y LEÓN



Imagen 7

El Centro de Recursos Ambientales de Castilla y León situado en el complejo PRAE, es un edificio de última generación, certificado con el estándar internacional de construcción sostenible IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment) que dispone de las fuentes de energía renovables. Tiene una antigüedad menor de 10 años y recibe una media de 25.000 visitantes cada año (ver imagen 7).

5.1. ESTUDIO DE NECESIDADES.

El objetivo del proyecto *DOMOTIC* dentro del complejo del PRAE consisten en reducir la demanda de energía del edificio garantizando los niveles de confort térmico, acústico y lumínico del edificio. Esto exige, además, gestionar de forma eficaz el parámetro que informa sobre la calidad del aire.

5.2. DESARROLLO DEL PROYECTO.

Las principales soluciones adoptadas, en el edificio del PRAE se han implementado a dos niveles complementarios:

- El primero ha significado la modificación de instalaciones del edificio y se han añadido nuevos elementos en el sistema de control actual. Se busca una gestión técnica de las instalaciones mucho más detallada, proporcionando al sistema más elementos de decisión y control.
- El segundo ha sido la implementación de un *sistema de monitorización*, independiente al sistema de control, para analizar el comportamiento del edificio y sus patrones de consumo y contrastarlos con la información que ofrece el sistema de control y permitir una mejor configuración del mismo.

Para implementar este sistema de Monitorización, se ha instalado un bus de comunicaciones industrial, modbus, al cual se han conectado una serie de dispositivos y medidores industriales que nos informan sobre los consumos eléctricos y energéticos del edificio.

Una vez diseñada la parte de campo, ha sido necesaria la configuración y parametrización de una aplicación que permita incorporar toda esta información y la trate de una forma visual e intuitiva para que nos permita optimizar los usos del edificio y su equipamiento de instalaciones así como tomar decisiones en base a esta información. La aplicación escogida es el sistema Deimos-DexCell.

Este software no solo permite la monitorización de los datos de consumo del edificio, sino que además permite relacionarlos con el entorno del mismo como son las condiciones climáticas exteriores (temperatura, humedad,...) o el precio actual de la energía. Hoy en día y debido al continuo aumento del precio de la energía, el ahorro del consumo energético, no solo se aplica a la cantidad de energía, sino que también está vinculado con los costes reales de la energía y sus horarios.

Para la optimización de las tecnologías se han instalado equipamientos de todo tipo tales como analizadores de redes, sondas de temperatura y calidad de aire, contadores de energía (instalación térmica, y refrigeración), contadores de pulsos para salas de calderas, detectores de presencia para el control de la iluminación, así como el cableado necesario para poder transmitir las distintas señales a sus respectivos dispositivos, y que permitan su visualización a través de las aplicaciones. Ver imágenes 8, 9 y 10).

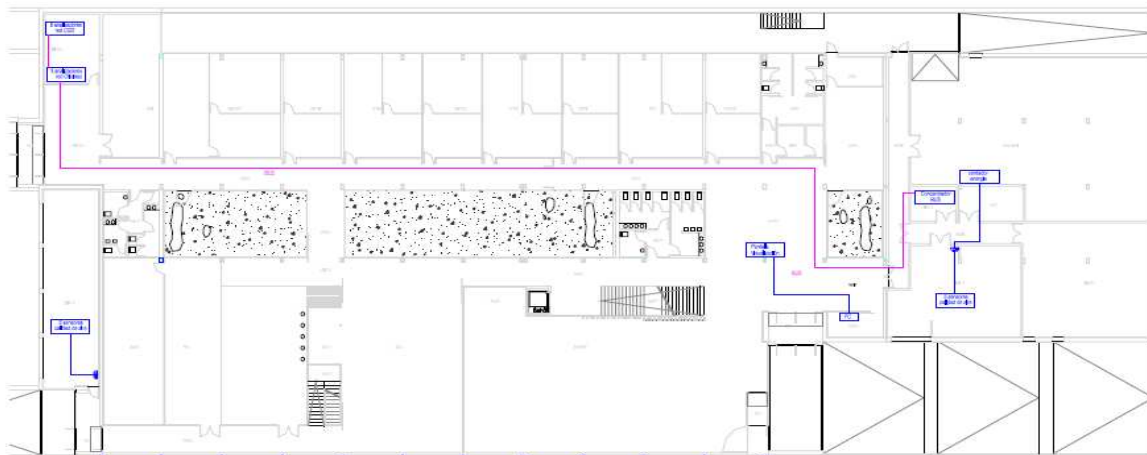


Imagen 8. Instalación de analizadores y sondas en el interior del edificio

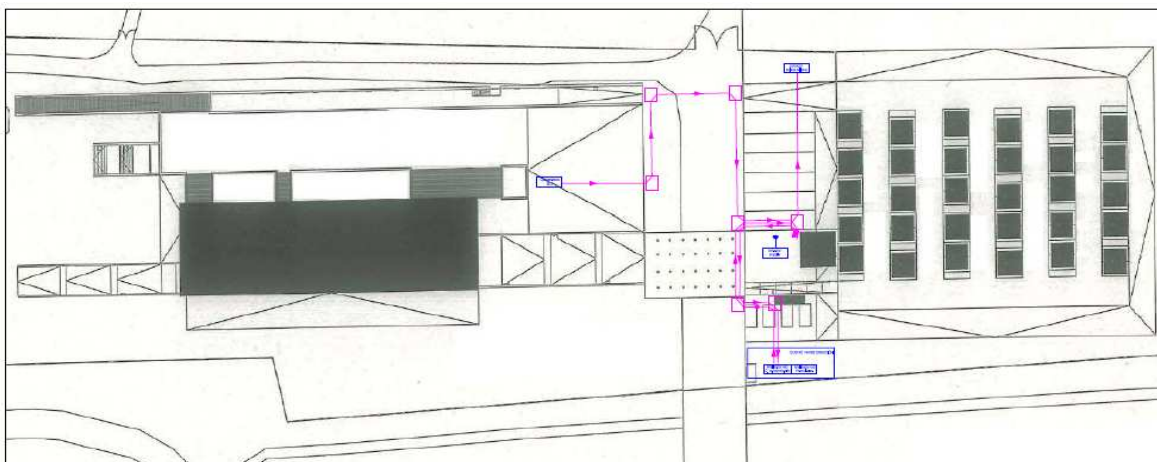


Imagen 9. Instalación de analizadores y sondas en los cuartos exteriores del edificio

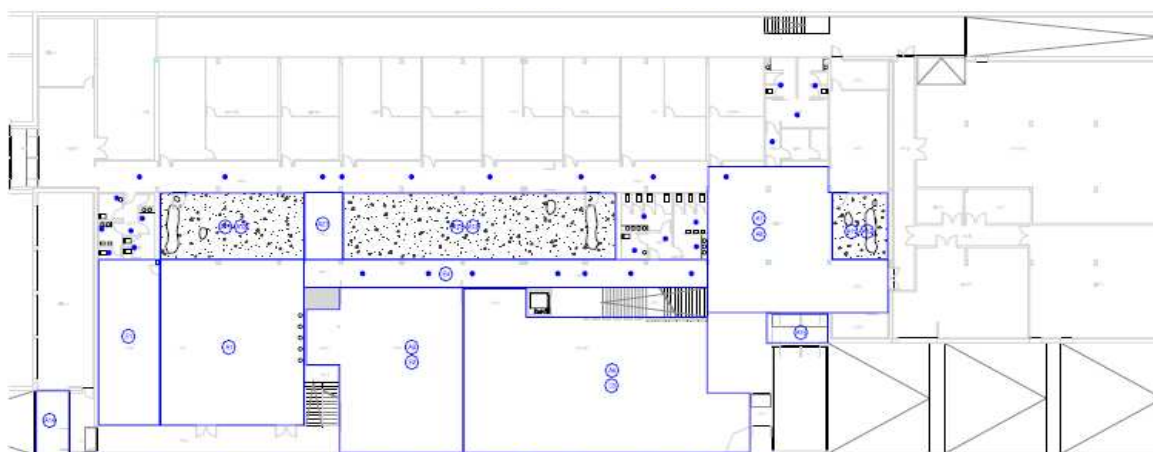


Imagen 10. Instalación de detectores de presencia en el interior del edificio

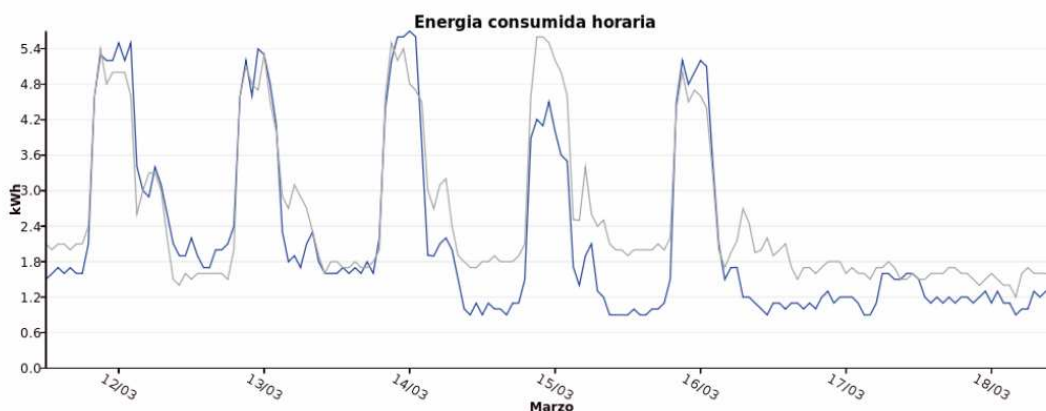
5.3. RESULTADOS OBTENIDOS.

Después de un exhaustivo estudio y análisis de los datos recogidos se han podido realizar las primeras propuestas de cara a obtener un ahorro energético, y se han establecido las necesidades de cara a la consecución del objetivo educativo/informativo que se pretende conseguir a través del sistema de monitorización de resultados.

En primer lugar se ha cotejado que las informaciones que se ven por la aplicación corresponden con datos reales de consumos. Para ello se hizo uso de un analizador portátil de los valores de cada una de las fases.

En la Imagen 11 se muestra un informe-tipo que genera la aplicación, en el que se aprecian comportamientos cíclicos (día/noche) así como las diferencias de consumo entre periodos. Las gráficas mostradas son de marzo de 2012:

Consumo semanal hora a hora vs semana anterior



	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total	Previous	Var [%]
Energía [kWh]	74.2	67.1	64.3	48.7	54.0	29.1	28.2	365.6	428.6	-14.7
Coste [€]	6.34	5.57	5.37	4.12	4.56	1.85	1.79	29.59	34.53	-14.31

Imagen 11. Consumo semanal

Los datos pueden desagregarse por zonas independientes del edificio, lo que permite identificar aquellas zonas que tienen consumos excesivos, focalizar la atención y las medidas de gestión sobre aquellas zonas con mayores consumos o consumos muy por encima de lo necesario o establecer motivaciones para el personal del edificio usuario de las zonas con mayores consumos para implicarle en la reducción de los mismos a través de cambios en pautas de comportamiento y gestión.

Asimismo, en todo momento la monitorización nos permite tener información en tiempo real de manera muy intuitiva de los datos de interés del sistema (ver imagen 12)



Estos datos se pueden visualizar por el personal de mantenimiento del edificio a través de un sistema web, y se expone al público a través de un monitor ubicado a la entrada del edificio.

Dado que el mismo recibe anualmente 25.000 visitantes (escolares, asociaciones o familias) es muy relevante y por lo tanto esta pantalla de información es una herramienta muy eficaz para transmitir las ventajas del control domótico y la monitorización energética de los edificios.

Imagen 12. Muestra típica de monitorización del sistema

Como resultado de la continua supervisión del centro, del primer análisis de los datos obtenidos se ha recomendado ajustar a la baja el volumen del contrato eléctrico suscrito con la compañía distribuidora a las necesidades reales del edificio.

En estos momentos se tienen contratados 514 kW en una tarifa de alta tensión denominada 6.1. Se establece una distribución anual en 6 períodos, y dependiendo del mes del año y de la hora del día se aplica los costes asociados a uno u otro período. Lo que esta tarifa te exige es que al menos uno de los 6 períodos tenga contratado más de 450 kW. En esta situación sería necesario que tener el período 6 (el más barato de todos los períodos) con 451 kW de potencia contratada y el resto de períodos ajustarlo a las necesidades del edificio.

Según las facturas la potencia pico alcanzada en un mes de septiembre es de 84 kW. El mayor consumo que se va a generar a nivel eléctrico tendrá lugar en los meses de verano con los equipos de refrigeración debido a que la calefacción se realiza a través de calderas de biomasa.

En estas circunstancias se debería contratar en el entorno de los 120-150 kW para los 5 primeros periodos con el objetivo de reducir los gastos por término de potencia contratada.

Así mismo, el sistema de monitorización ha permitido detectar puntos críticos en el manejo y temporización de determinadas áreas y elementos del edificio, así como puntos de mejora en las pautas de comportamiento de los usuarios del edificio y en las pautas de equipo de mantenimiento y gestión.

De esta manera se han establecido nuevas temporizaciones de determinados elementos de la climatización y de iluminación, más acordes a los diferentes usos del edificio, personalizando las zonas comunes como aseos o pasillos, las zonas de exposiciones o conferencias, o las zonas de oficinas, pues cada una de ellas requiere pautas de climatización e iluminación muy diferentes.

6. CONCLUSIONES

Aun sin estar finalizado, a día de hoy se puede concluir que el proyecto *DOMOTIC* obtendrá los siguientes resultados:

- I. Validación de los tres modelos de "buena gobernanza de edificios" basados en aplicaciones domóticas que sirvan como puntos de referencia para la transferencia por sus importantes niveles de rendimiento energético demostrado en edificios de utilización intensiva y muy extendidos en la Unión Europea (centros educativos, universidades y edificios destinados a museos).
- II. Mas del 50% de reducción del consumo energético demostrado en las tres acciones piloto, en comparación con la actual demanda energética existente en estos tipos de edificación, que serán nuestras bases de testado.
- III. Reducción de más de 400 toneladas de emisiones de gas de efecto invernadero como consecuencia del desarrollo de las tres acciones piloto.
- IV. Reducción del consumo de gasoil para calefacción de más de 30.000 litros por año, reducción del consumo eléctrico de más de 750.000 Kw por año y reducción del consumo de gas natural de más de 40.000 m³ por año, como consecuencia del desarrollo de las tres acciones piloto demostrativas.

Como consecuencia de la difusión de los primeros resultados del proyecto *DOMOTIC* se está creando una red que promueve la adhesión de entidades al compromiso de *Entidades de Eficiencia Energética de Edificios*. La finalidad es que las entidades con las que contactamos se adhieran a un compromiso de eficiencia energética vinculado a la "Eficiencia energética de los edificios".

7. AGRADECIMIENTOS

Para la redacción del presente documento agradecemos la inestimable colaboración y dedicación de Ernst Meissner y Boris Papusek; Julián Lago Lacoma, Alfredo Miana, Carmen Gonzalo, Juan Francisco Martínez Blas y Pedro Miranda Luis.

Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo a CONAMA2012 licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato.

