



Automatización Inteligente de Edificios de Balance Energético Cero para su integración en Microrredes

Autor: Andrés Lluna Arriaga

Institución: Instituto Tecnológico de la Energía

Otros autores: I. Benítez, C. Blasco, S. García, J. Monreal

Resumen

El sistema de control automatizado para Edificios de Balance Energético Cero integrados como Nodos Activos de Microrredes se define como una solución completa para mejorar el coste energético en edificios desde diferentes frentes de actuación como son:

La mejora de eficiencia energética, conversión cargas en cargas inteligentes y la disminución de consumos de las instalaciones, el fomento de uso e integración viable de energías renovables deslocalizadas y sistemas de almacenamiento, la gestión óptima de todos los sistemas generadores y consumidores del edificio para conseguir el balance energético cero en edificios, así como la integración del propio edificio como nodo activo de la red eléctrica inteligente o microrredes.

Dicha plataforma tecnológica combina diferentes sistemas de control e información para la gestión energética de edificios de manera automatizada e inteligente que puedan ser integrados como nodos activos en microrredes.

Palabras clave: automatización energética; control inteligente; edificios inteligentes; balance energético cero, microrredes, nodos activos de la red

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la edificación representa el 40% del consumo energético total de la Unión Europea (MCINN, (2009)). Los edificios, y la actividad que se produce en los mismos, son los responsables de un consumo de energía y emisiones de CO₂ considerables. Por ello la mejora de su rendimiento energético y medioambiental influye significativamente en los objetivos del contexto político europeo “20/20/20”.

El sistema planteado permite gestionar de manera óptima la coexistencia de una planificación de disminución de consumos de los recursos de los edificios con una correcta política de uso de la producción distribuida e integrada de energía renovable (LLUNA, A. et al. (2010)). Por lo que es una herramienta que permite convertir edificios antiguos, o diseñar nuevos mejorados desde su fase conceptual, es su funcionamiento energético cotidiano bajo las premisas de obtener Edificios de Baja Emisión de Carbono, incluso llegar a Edificios de Balance Energético Cero o Positivo.

Además, debe cumplir el requisito de dotar al edificio de las tecnologías y sistemas necesarios que permitan integrar a los mismos en microrredes o en la red eléctrica inteligente.

2. OBJETIVO

El sistema propuesto se define como una solución completa para mejorar el coste energético en edificios desde diferentes frentes de actuación:

- A) La mejora de eficiencia energética y la disminución de consumos de las instalaciones
- B) El fomento de uso e integración viable de energías renovables deslocalizadas y sistemas de almacenamiento
- C) La gestión óptima de todos los sistemas generadores y consumidores del edificio para conseguir el balance energético cero en edificios.
- D) Integración del edificio como un nodo activo en la red eléctrica inteligente o microrredes.

3. INSTALACIONES

Como base para el desarrollo del sistema desarrollado en el proyecto “Gestión Integral de Microrredes, μ RED”, se ha utilizado las instalaciones comunes de consumo y planta piloto de energías renovables de ITE (Fig. 1), que cuenta con los siguientes sistemas:

- Instalaciones comunes de consumo.
- Generación solar fotovoltaica e inversores para conexión a red, aerogenerador.
- Pila de hidrógeno y electrolizador. Almacenamiento energético – baterías.

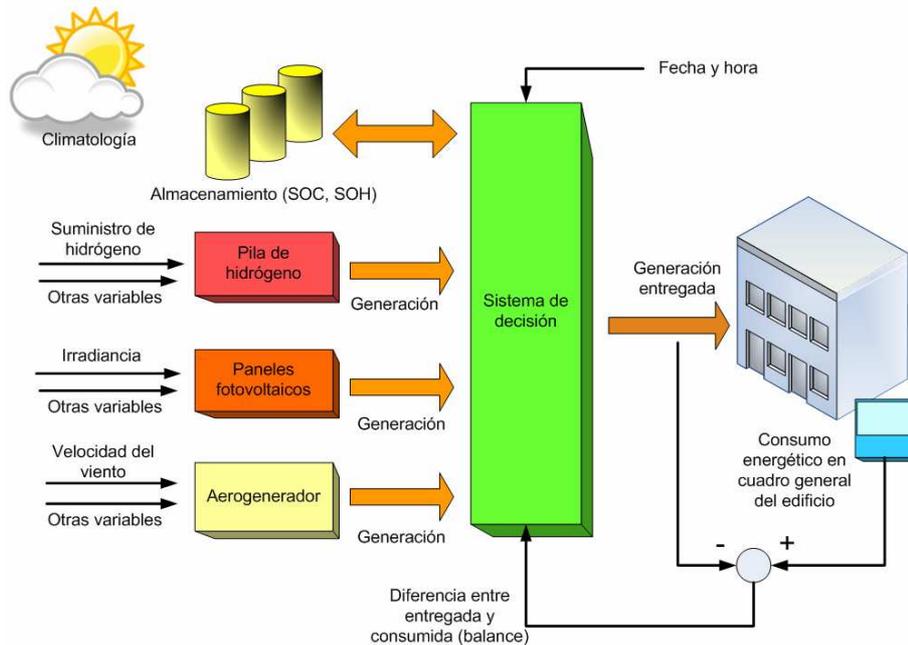


Figura 1. Esquema de sistema de gestión de generación energética. (Fuente: propia).

4. ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

Los niveles jerárquicos definidos del sistema propuesto (Fig. 2), pueden resumirse como:

N0. Nivel Físico: Controladores de adquisición y control distribuidos de las instalaciones consumidoras, almacenamiento y generadoras del edificio. Estos controladores gobiernan y monitorizan los sistemas definidos como: Monitorización de Consumos, Optimización del Sistema de Climatización, Planta Piloto de Energías Renovables, Sistema de sensores ambientales y contextuales, entre otros.

N1. Gestor Integrador: Sistema que centraliza, procesa y almacena de forma periódica toda la información de las instalaciones y recursos del edificio a través de sus controladores. Entre sus funciones se destacan: auto-detección de nodos en la red, sincronización de controladores y revisión de estado, adquisición y almacenamiento de datos, visualización de información, generación de informes de datos y representación grafica de información para mantenimiento.

N2. SCADAS y Aplicaciones Inteligentes: En este nivel se encuentran las aplicaciones encargadas de la monitorización, supervisión y control de cada uno de las instalaciones y recursos para permitir la interacción de los sistemas con los usuarios, la concienciación de los mismos sobre consumos energéticos, la optimización del consumo de las instalaciones mediante un control más avanzado de los sistemas consumidores y la correcta integración de recursos renovables en cada situación y momento.

N3. Gestor Global del Edificio: En niveles inferiores se ha concentrado la información de los diferentes sistemas y se ha controlado óptimamente cada sistema por separado. El Gestor Global se encargará de gestionar conjuntamente el funcionamiento de los sistemas generadores y consumidores del edificio con el objetivo de equilibrar el balance energético del mismo y su integración como nodo activo en microrredes.

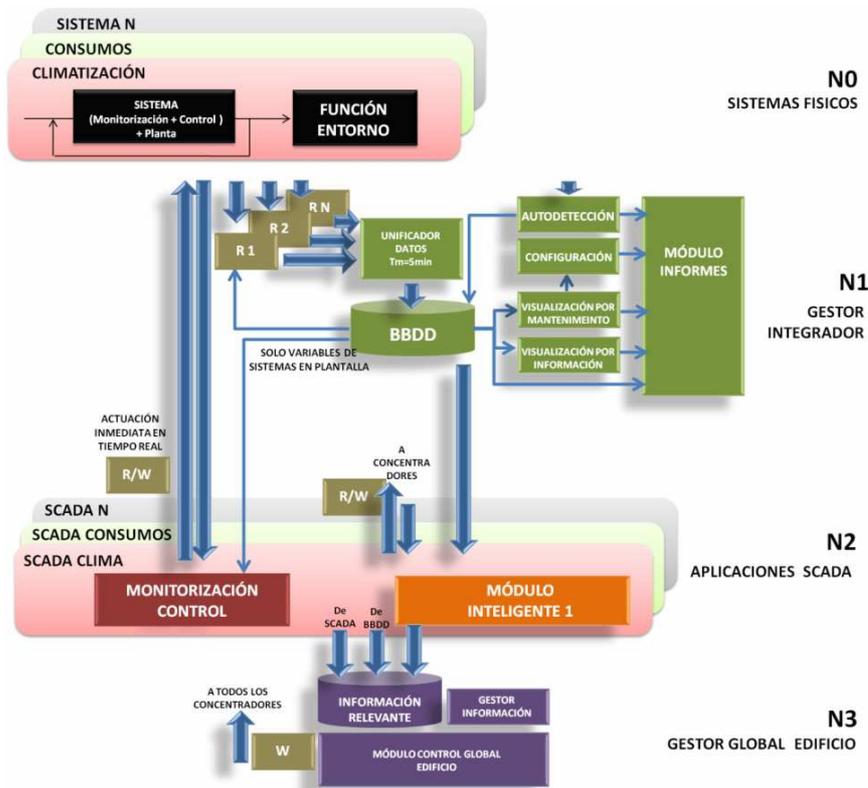


Figura 2. Arquitectura de la Plataforma para Edificios Inteligentes integrados en microrredes. (Fuente: propia).

5. FUNCIONALIDADES DE LA PLATAFORMA

5.1. Funcionalidades avanzadas de control distribuido

El objetivo de las funcionalidades avanzadas de control distribuido es reducir el coste energético en cada una de las instalaciones de consumo e integrar recursos de generación y almacenamiento para acercarse al balance cero en el edificio.

Se establece una estructura de control en dos capas.

- **La primera capa** se sitúa en los niveles N0 y N1 de la arquitectura global definida en el punto 3 y está constituida por:

1) Controladores distribuidos: dispositivos que permiten adquirir datos de sensores de campo, programar su comportamiento, almacenar información, actuar sobre el entorno e interoperar con niveles de control superiores. Entre las metodologías de control diseñadas se encuentra: control todo o nada, control PID ajustado mediante modelado dinámico de sistemas y estrategias de control avanzadas como controladores predictivos locales.

Como ejemplo se expone el caso de ajuste de control de clima. Debido a las características del proceso y a las características de la implementación del control en un PLC industrial se ha empleado una estrategia de control descentralizado basada en controladores locales PID SISO para cada zona climática del edificio, realizando un ajuste óptimo fuera de línea de sus parámetros. El método empleado para un ajuste óptimo de los parámetros de los PIDs locales es el SIMC (SKOGESTAD, S. (2001)), con prestaciones de rechazo de perturbaciones para procesos lentos o integrativos.

El comportamiento dinámico de cada zona ha sido identificado como un sistema MISO con un término que representa el efecto de la entrada de control manipulable y una entrada que representa la principal perturbación externa medible (T^a externa), como se puede observar en la Ec. (1).

$$T_m(s) = G_{V \rightarrow T_m}(s)v(s) + G_{T_a \rightarrow T_m}(s)T_a(s) \quad (1)$$

A partir de datos simulados de modelos de cargas térmicas del edificio, realizados con el software EnergyPlus, se han identificado modelos ARMAX transformados y aproximados a modelos continuos de 2º orden con retardo (SOPDT) para el ajuste del controlador. Como especificaciones de diseño del control se ha establecido un límite en el error máximo de la respuesta para una referencia de T^a dada ante una perturbación máxima en la T^a externa T_a , contemplando además que la acción de control empleada sea lo más suave posible. La Fig. 3 muestra la respuesta simulada de la T^a media de una zona, T_m , durante aprox. 9 días, con un buen seguimiento de la referencia dada, T_{mREF} y un buen rechazo de la perturbación externa T_a .

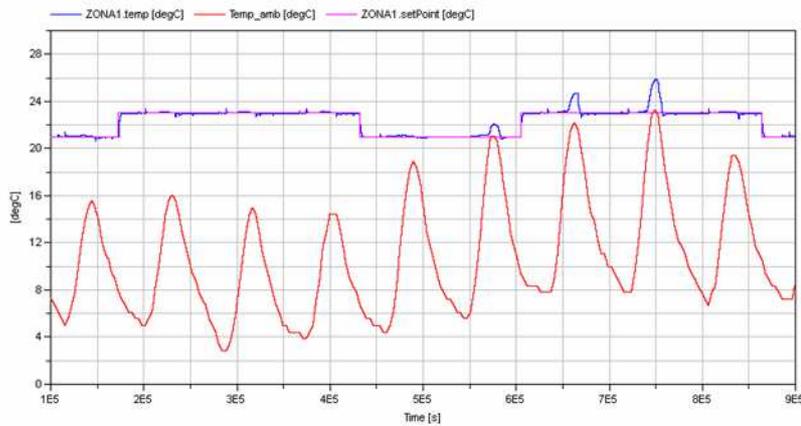


Figura 3. Comportamiento térmico de la Zona 1 del edificio bajo el control PI diseñado. (Fuente: propia).

2) Arquitectura de interoperabilidad y sistema de integración de la información: sistema de comunicaciones entre niveles de la arquitectura y controladores distribuidos para la centralización de la información.

- **La segunda capa** se sitúa en los niveles N2 y N3 y tiene como objetivo optimizar el comportamiento global del edificio atendiendo principalmente al balance energético, al confort y su integración en microrredes como nodos activos por medio de:

1) Sistema de telegestión para mejora energética: conjunto de aplicaciones SCADA encargadas de monitorizar y controlar remotamente, de manera manual o automática las instalaciones y recursos del edificio. Los SCADA muestran datos de consumo y generación que ayudan al usuario a tener una mayor conciencia del consumo, contribuyendo a un mejor uso de las instalaciones. El usuario percibe en todo momento el consumo y coste que están produciendo sus actividades en el edificio de forma que se detectan y corrigen actividades poco eficientes de los usuarios y problemas de funcionamiento en equipos. A través de los mismos también se pueden realizar las acciones de uso o correctoras necesarias. (Fig. 4)



Figura 4. Interfaces de usuario del sistema. (Fuente: propia).

2) Control Predictivo: A partir de modelos predictivos multivariable del edificio se establecen los set points de los controladores del primer nivel. Las principales ventajas de la utilización de MPC son: a) permite una optimización del sistema considerando las interacciones entre las distintas variables y b) permite la inclusión de restricciones tanto en las predicciones como en las acciones de control. Estas dos características junto con la simplicidad de las ideas en las que se basa y la reducida complejidad en el caso de utilizar modelos lineales, hacen que MPC sea una muy buena solución especialmente en las capas superiores de control (ROSSITER, A. (2003)).

3) Sistema Experto: Proporciona información al operador que permite orientar las acciones de control hacia el balance energético cero del edificio. El Sistema Experto es capaz de combinar de forma eficiente la generación de fuentes de energía renovables con el consumo energético de un edificio de uso terciario, teniendo en cuenta los objetivos de balance energético y las condiciones de tarificación contratada. En el sistema experto basado en reglas, el motor de inferencia evalúa los distintos escenarios de consumo y generación en los que se encuentra el edificio, y genera de forma automatizada las órdenes necesarias para consumir la energía generada o emplearla para cargar las baterías, o conectar la pila de hidrógeno, según los requerimientos y definidos. Para ello se emplea el software Exsys Corvid, donde se definen conjuntos de reglas agrupados según objetivo (bloques lógicos).

4) Mantenimiento Predictivo: Los modelos predictivos que se utilizan para el control predictivo se obtienen con técnicas estadísticas de reducción de variables. Esto proporciona indicadores para monitorizar el estado del edificio y poder predecir/detectar funcionamientos anómalos. Con esta información se pueden realizar acciones en la línea de eficiencia energética.

5) Inteligencia Artificial: mecanismo autónomo de decisión en el que se analizan artificialmente los mejores criterios para obtener comportamientos y consignas de control respecto al balance energético óptimo del edificio y su integración como nodo activo en microrredes.

5.2. Estimación en línea de eficiencia de sistemas energéticos

Para determinar en línea la eficiencia energética de un edificio es necesario disponer tanto del consumo del sistema de clima HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning), como de la carga térmica demandada por el edificio a climatizar:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\sum \text{demanda energética modelos zona}}{\text{energía medida en cuadro de clima}} \times 100 \quad (2)$$

Los datos de consumo del sistema se reciben a través de analizadores situados en los cuadros del propio sistema de clima. La estimación de la demanda energética del edificio se realiza a través de una librería compilada en Matlab que contiene los modelos dinámicos de cada una de las zonas climatizadas del edificio. Para la obtención de estos modelos se han utilizado diferentes herramientas software (WETTER, M. (2009)), tal y como puede verse en la Fig. 5. La librería compilada con los modelos de las zonas se

integra directamente en el sistema SCADA de monitorización de consumos. Gracias a este método desarrollado se puede conocer a cada instante la eficiencia del edificio, pudiéndose detectar gracias a ello patrones de ineficiencia que podrían deberse a degradación en los equipos de clima, ventanas o puertas abiertas, degradación de los cerramientos del edificio, etc.

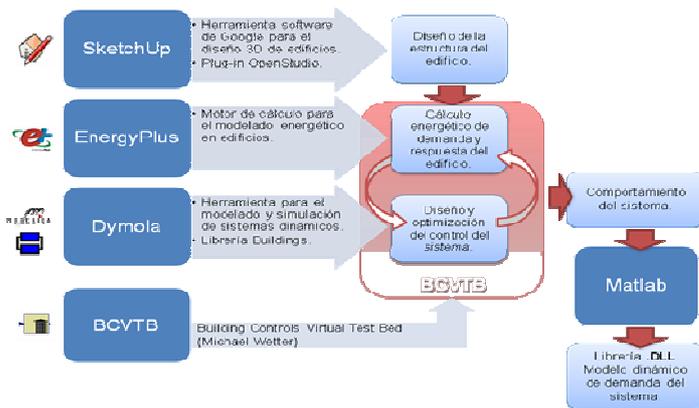


Figura 5. Relación del software utilizado para la obtención de los modelos de las zonas del edificio. (Fuente: propia).

5.3. Integración de edificios en Microrredes.

El sistema planteado aporta las funcionalidades para que en modo automático las cargas (generación, consumo y almacenamiento) contenidas dentro de las instalaciones de un edificio puedan ser controladas con el fin de obtener un balance energético final igual a cero.

Del mismo modo, el sistema automatizado, debe ser capaz de integrar el edificio dentro de los procesos de gestión de la Virtual Power Plant en el que se encuentre formando parte de la microrred como nodo activo.

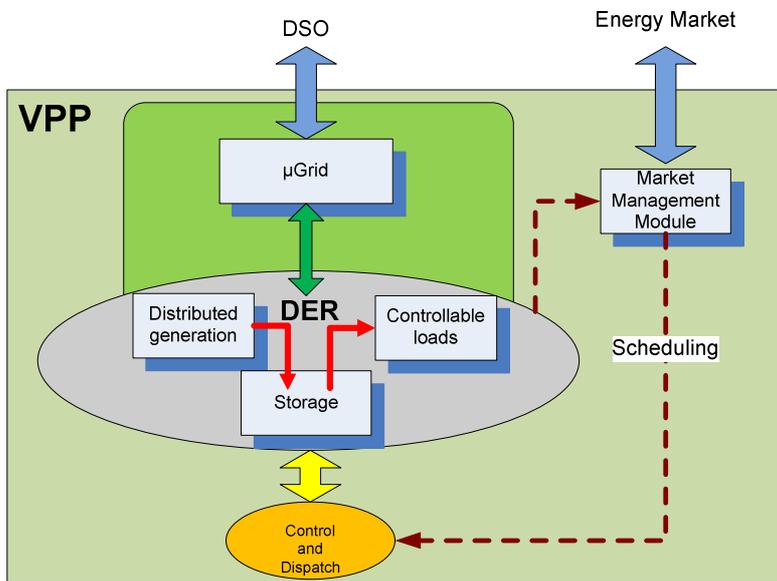


Figura 6. Esquema de edificio integrado como nodo activo en la red. (Fuente: propia).

6. CONCLUSIONES

En una fase del proyecto “Gestión Integral de Microrredes, μRED” se propone el diseño de un sistema automatizado inteligente para:

- Mejorar el coste energético de edificios e infraestructuras en su fase de diseño o reconversión a edificios de balance energético cero.
- Además de su integración como nodo activo de microrredes para la red eléctrica inteligente.

7. AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto ha sido subvencionado por el Instituto para la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA) y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER), de la Comisión Europea. Proyecto “Gestión Integral de Microrredes, μ RED”



Figura 7. Imagen proyecto “Gestión Integral de Microrredes, μ RED”, apartado Edificios Inteligentes.



8. REFERENCIAS

MCINN, (2009): “Documento de visión de la Eficiencia Energética en España”. Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética (PTE-EE)

LLUNA, A. et al. (2010).: “Towards Zero Energy Balance in Tertiary Buildings”. CMTEE - IFAC. Energy Technological Institute

ROSSITER, A. (2003):” Model-based predictive control: a practical approach”. CRC Press

SKOGESTAD, S. (2001).: “Probably the best simple PID tuning rules in the world”. AIChE Annual meeting. 276h. Reno.

WETTER, M. (2009): “Modelica-based Modeling and Simulation to Support Research and Development in Building Energy and Control Systems”. Journal of Building Performance Simulation, 2, 2, 143/161.