

SABINA: EL PROYECTO QUE ENTIENDE LA AGREGACIÓN DE LA DEMANDA COMO EL CAMINO HACIA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA REDUCIENDO LAS EMISIONES

Lluc Canals Casals, Investigador Post-doctoral, IREC

Cristina Corchero, Investigadora y jefe del grupo Energy System Analytics, IREC

Resumen: Persiguiendo los objetivos de incrementar el uso de energías renovables, reducción de las emisiones y del consumo, el proyecto H2020 SABINA maximiza las posibilidades de la flexibilidad de los edificios en base a dos algoritmos de optimización a diferente nivel. En un primer nivel, un algoritmo basado en un modelo de control predictivo que corre sobre redes neuronales maximiza el autoconsumo del edificio. En un segundo nivel otro algoritmo minimiza las emisiones de un conjunto de edificios mediante la agregación de la demanda y la interacción con los mercados de regulación de la red eléctrica. Este segundo algoritmo elige el mejor momento para intercambios con la red según el mix energético basándose en las informaciones del algoritmo de primer nivel.

Palabras clave: Modelos de Flexibilidad y Mercado: Agregación de la Demanda, Respuesta de la demanda, Eficiencia, Proyecto Europeo, H2020, SABINA

INTRODUCCIÓN

La transición energética se entiende como el paso de un sistema lineal de generación y distribución de energía eléctrica basado en combustibles fósiles o recursos no renovables hacia un sistema de generación distribuida con una amplia participación de fuentes de energía renovables

En el camino hacia dicha transición energética hay cuatro líneas de actuación en las que se debe trabajar imperativamente: Incremento de la participación de las fuentes de energía renovables, incremento de los recursos distribuidos, mejora de la eficiencia de todos los sistemas de la red (tanto generadores como consumidores) y reducción del consumo (Tagliapietra et al., 2019).

Aunque parezca que alguna de ellas está relacionada con otra, por ejemplo, la eficiencia con la reducción del consumo, esto no tiene por qué ser así. La paradoja de Jeevons, en la que una mejora de la eficiencia viene acompañada de un incremento del consumo de recursos está ocurriendo desde hace un par de siglos y sigue ocurriendo hoy en día en los edificios (Macarulla & Canals). Esto se debe a que, en vez de utilizar la eficiencia para reducir el consumo, la ganancia se utiliza para aumentar el confort o las funcionalidades de los elementos. Asimismo, el incremento de energías renovables no tiene por qué entenderse, de facto, como un cambio en el paradigma del sistema eléctrico, pues la creación de grandes centrales localizadas seguiría dentro del concepto de un sistema lineal de generación y distribución. El cambio de paradigma sólo ocurre cuando las fuentes de generación renovables son, además, distribuidas.

De todos modos, hoy en día, no solamente son recursos distribuidos las fuentes de generación renovables. El avance en las tecnologías de información y comunicación juntamente con los sistemas de gestión de la energía ofrece la oportunidad a que los edificios (eminentemente consumidores de energía) puedan convertirse también en fuentes de generación y en recursos distribuidos si consiguen una óptima gestión de la energía eléctrica de los elementos que hay en ellos y la capacidad de almacenaje de energía térmica de la envolvente.

El proyecto SABINA (H2020 nº731211) persigue, justamente, todos estos objetivos a través de la monitorización del consumo de los edificios y el control de los elementos con capacidad de modificarlo y mediante la implementación de dos algoritmos a diferente nivel: el primero persigue la maximización del autoconsumo con un horizonte de 24h y el segundo que minimiza las emisiones debidas al consumo de energía proveniente de la red ofreciendo servicios puntuales de balance energético.

EL PROYECTO SABINA

El proyecto Europeo del programa H2020, *SmArt Bi-Directional Multi ENergy Gateway* (SABINA) cuenta con la participación de cuatro empresas que abarcan desde la fabricación de elementos de control hasta el desarrollo de plataformas de comunicación pasando por consultorías y gestores energéticos. En el proyecto también participan dos centros de investigación, quienes se encargan del desarrollo de los algoritmos a dos niveles, y dos universidades, encargadas del desarrollo de los modelos de edificios con los que se basarán los algoritmos de gestión.

El proyecto pretende sacar el máximo provecho de las dos definiciones de flexibilidad energética de los edificios, esto es, la flexibilidad intrínseca y la extrínseca (Clausen et al., 2017). La primera utiliza la flexibilidad en el consumo de energía de los edificios para mejorar las prestaciones del edificio según criterios propios (que en el caso de SABINA significa maximizar el autoconsumo, pero que podrían ser la minimización de costes u otros objetivos según cada caso). La segunda, utiliza la flexibilidad de los edificios para ofrecer servicios energéticos a terceras partes (que en el caso de SABINA son los servicios de regulación de banda a subir y bajar para mantener el balance de la red).

Una de las particularidades del proyecto es que cuenta con dos tipos de demostradores para evaluar las posibilidades que ofrece la solución: En los laboratorios de IREC, SABINA es evaluado a nivel experimental, es decir, bajo unas condiciones de contorno conocidas para determinar el grado de perfección de los resultados. Posteriormente, la misma solución se implementa en tres demostradores reales para certificar que, efectivamente, su implementación es realista y satisfactoria. Estos demostradores, las imágenes de los mismos se ven en la Figura 1, son: Dos edificios del Parque Tecnológico de Lavrion (de la NTUA de Grecia), el Green Tech House (un clúster tecnológico) y un conjunto de pequeños edificios que conforman la Gedved School (controlados por INSERO). Estos dos últimos están localizados en Dinamarca.



Figura 1: Fotografías de los demostradores reales en Grecia (Izquierda) y Dinamarca (centro y derecha).

La otra particularidad del proyecto es que todos los edificios, algoritmos y demás sistemas del proyecto comparten una misma plataforma de información donde publican las medidas, las predicciones, los *setpoints* de control y los resultados, siendo este el único punto de unión entre elementos. De este modo, los algoritmos de gestión de los edificios no hace falta que estén instalados en potentes máquinas de computación dentro de cada edificio, sino que son compartidas en un mismo centro de computación (en CSEM, Suiza) que publica los *setpoints* en la plataforma y los edificios correspondientes recogen dichos valores y los implementan.

En este artículo se presentan, en detalle, algunos resultados de los experimentos en los laboratorios del demostrador de IREC.

METODOLOGÍA

El proyecto cuenta con distintas fases de desarrollo en dónde se va añadiendo complejidad y, a cada paso, se acerca a la realidad.

La primera parte del proyecto desarrolló los modelos de los edificios de los demostradores, por parte de la universidad de Navarra (UNAV). Estos modelos incluyen tanto características de las envolventes (paredes, aislamientos, materiales, etc.) cómo de los componentes que generan y/o consumen energía tanto para calentar el agua (sanitaria y de calefacción) a través de bombas de calor y ventiladores, como del consumo eléctrico para usos finales, tales como los electrodomésticos, la cocina y, en particular, una batería comunitaria, paneles solares y algún vehículo eléctrico.

Al ser, el demostrador de IREC, un laboratorio, se consideró un edificio virtual simulado. El modelo del edificio, representado en la Figura 2Figura 1, corresponde a un edificio de 4 plantas con un piso por planta de 102 m².

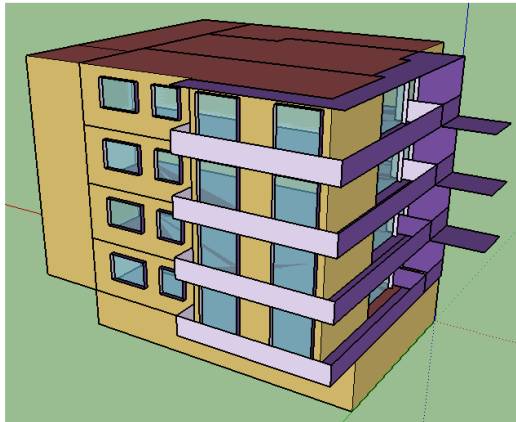


Figura 2: Representación 3D del edificio

El edificio cuenta con un conjunto de paneles solares de 10.4 kWp. Para evaluar las distintas prestaciones que la flexibilidad puede ofrecer, se simularan distintos escenarios (ver Tabla I) que permiten el análisis de la capacidad de almacenaje de energía térmica de los envolventes y como ésta puede aprovecharse para la gestión energética y en dónde aparecen elementos comunitarios como una batería y algunos coches eléctricos.

Escenario	Almacenamiento térmico	Almacenamiento eléctrico
1	Construcción con alta inercia térmica sin aislamiento	
2	Construcción con alta inercia térmica con aislamiento	Batería comunitaria
3	Construcción con alta inercia térmica sin aislamiento	Batería comunitaria
4	Construcción con alta inercia térmica sin aislamiento	Batería comunitaria, vehículo eléctrico

Tabla I. Escenarios a testear

En particular, la batería comunitaria tiene una capacidad de 10 kWh y una potencia de carga/descarga de 4 kW mientras que el vehículo eléctrico, de 24 kWh de capacidad, es de carga lenta (3,7 kW max) y el cargador está preparado para soportar la carga inteligente que permite modificar la potencia de la carga.

Para una correcta evaluación del sistema, los escenarios correrán con la misma base de ocupación y uso de electrodomésticos y se lanzará, para cada uno de los escenarios, un caso de referencia en dónde no habrá participación alguna de los algoritmos de control.

Los modelos de edificio se incorporan entonces al algoritmo de gestión energética del edificio, llamado Building Algorithm (BA) en el proyecto. Este algoritmo, desarrollado por CSEM, basado en un MPC (de *Model Predictive Control*) y que corre sobre redes neuronales previamente entrenadas, trata de maximizar el factor de autoconsumo del edificio para las siguientes 24h a partir de los datos de las últimas 6 horas y de la información de las previsiones climáticas. Los resultados del BA son los *setpoints* que deben seguir los elementos controlables de cada edificio. Cada 15 minutos el BA repite el cálculo para actualizar los *setpoints* e ir adaptándose a las posibles desviaciones debidas a la estocasticidad inherente en edificios residenciales y que dependen, en gran parte, de la ocupación de los mismos.

El BA es, también, el responsable de calcular la flexibilidad extrínseca, es decir, aquella que podría ser utilizada por una tercera parte. Este cálculo de la flexibilidad, que se llama *Flexibility Map*, contiene la previsión del consumo del edificio para las 24h del día siguiente, su capacidad máxima de subir y de bajar dicho consumo para cada hora, el cambio en la previsión de consumo de las subsiguientes horas en el caso de activar la flexibilidad a subir o bajar y la eficiencia de la activación (en el supuesto caso que se produjera).

Quien utiliza la flexibilidad en SABINA es el agregador centralizado de la demanda, llamado MIDA de *Market Integrated District Algorithm*). MIDA se encarga de recoger los Flexibility Map de todos los edificios involucrados y elegir el mejor

momento del día para activar dicha flexibilidad siempre con el objetivo de minimizar las emisiones de CO₂ equivalente a través de la activación. Cabe notar que el punto clave para entender la singularidad de este agregador de la demanda es que sigue la señal del Mix energético de la red eléctrica sin pretender maximizar el rendimiento económico de dicha activación. Aunque no sea su prioridad, está claro que MIDA debe tener en cuenta los costes de la activación e intentar evitar que, además de mejorar el impacto ambiental del consumo energético del edificio, el cliente no sufra pérdida económica alguna. Aún estamos en un sistema económico en el que poco puede esperarse que triunfe si no reporta beneficios económicos y por este motivo el algoritmo incluye una restricción que indica que las activaciones seleccionadas deben tener coste 0 o aportar beneficios.

La plataforma de comunicaciones y su estructura

Cómo se ha mencionado anteriormente, una de las particularidades que hace interesante SABINA es que todo puede estar deslocalizado o en la nube, al estar toda la información necesaria para que cada elemento funciones concentrada en el Bróker o plataforma de comunicaciones. Con esta configuración es de vital importancia que la información esté disponible en la plataforma cada vez que algún sistema precisa de dicha información.

En efecto, como se muestra en la Figura 3, tanto la información del mercado eléctrico (ESIOS) como de las previsiones meteorológicas (Meteoblue) se publican en el bróker. Es preciso notar que esta información tiene una dirección solamente, pues ni el mercado ni las predicciones necesitan información de la plataforma. Por el contrario, el BA, necesita información de las predicciones meteorológicas y de las medidas de los consumos energéticos, temperaturas, etc. de los distintos elementos de los edificios para realizar los cálculos pertinentes y, posteriormente, publicar los *setpoints* que precisan los edificios para actuar. Por ello su flecha con la plataforma tiene dos direcciones.

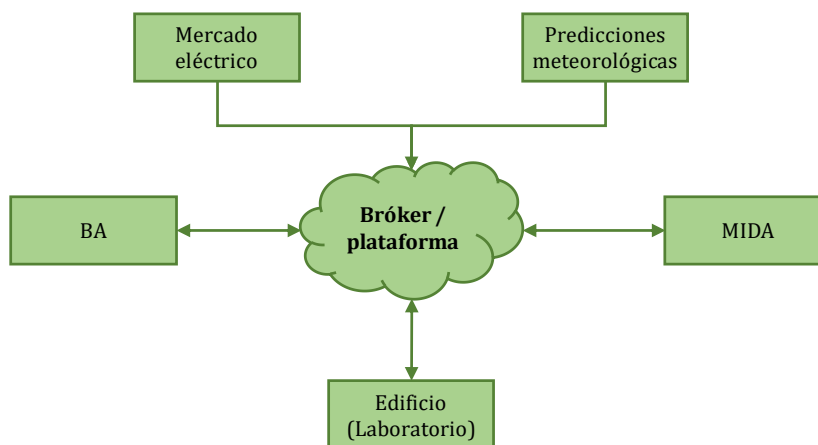


Figura 3: Esquema de la configuración del sistema de comunicaciones

Asimismo, MIDA precisa del Flexibility Map del BA para optimizar las posibles activaciones de flexibilidad. Es interesante notar que el BA no utiliza información alguna del MIDA para su normal funcionamiento. Solamente cuando el MIDA publica una petición expresa de activación (30 minutos antes de la misma), el BA considera la cantidad de energía requerida, procesa el cálculo y responde lo que es capaz de ofrecer. Entonces MIDA reubica la cantidad de energía que cada edificio debe ofrecer y vuelve a publicarla 15 minutos antes de la misma. Si el BA responde afirmativamente, el MIDA considerará el edificio, en caso contrario sabe que no debe contar con él. Un esquema del proceso de activación de la flexibilidad se describe en la Figura 4.

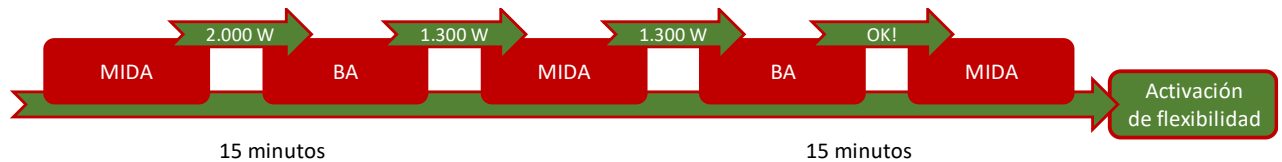


Figura 4: Esquema del proceso de activación de la flexibilidad.

Es importante entender que, aunque el algoritmo del BA no esté implementado en cada edificio, sí es preciso que los edificios tengan un gestor de energía capaz de recibir los *setpoints* y aplicarlos. Esto o que cada elemento del edificio sea capaz de interactuar con la plataforma.

RESULTADOS

Los primeros resultados del funcionamiento de SABINA en el laboratorio son muy alentadores. El BA reacciona correctamente a las peticiones del agregador de demanda MIDA y las transmite con eficiencia hacia el edificio que, a su vez, responde a los *setpoints* enviados por el BA ofreciendo valores razonablemente cercanos a los de la petición por parte del MIDA.

Los primeros resultados del escenario nº 4 con la solución de SABINA se pueden observar en la Figura 5, que muestra el consumo del edificio durante uno de los días del experimento. En ella se puede observar claramente el pico de consumo debido a una activación a las 7h de la mañana.

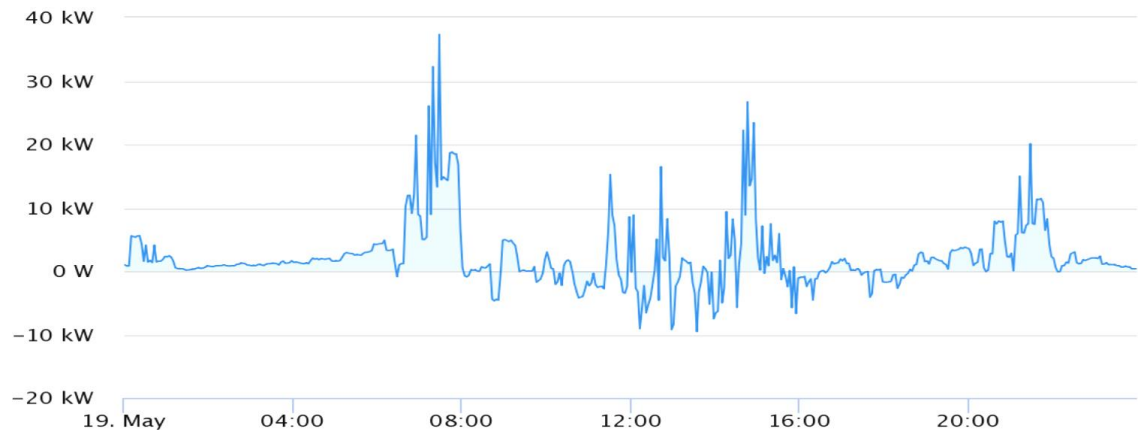


Figura 5: Screenshot del consumo del edificio simulado de SMARTLAB. (Canals et al. 2019)

Cabe notar que la mayoría de las activaciones realizadas tienden a subir el consumo del edificio. Esto se debe, principalmente, a que el BA tiene más disponibilidad a subir que a bajar debido a la posibilidad de encender el sistema de calefacción del edificio tal y como muestra un ejemplo de Flexibility Map en la Figura 6. Es preciso destacar que la nomenclatura de subir y bajar está justo al revés de lo que establece la red eléctrica, precisamente por tener el punto de vista en el edificio y no en la red eléctrica.

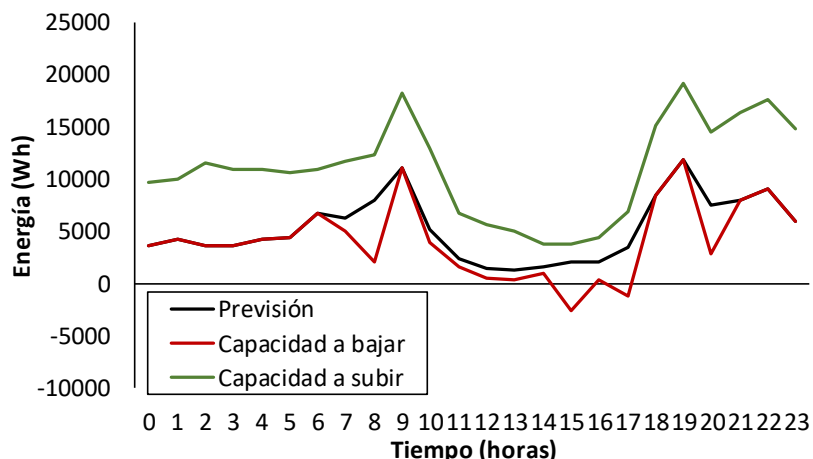


Figura 6: Ejemplo de Flexibility Map

CONCLUSIONES

SABINA consigue implementar un agregador de la demanda para todo tipo de edificios en los que la información está centralizada en un punto, lo que permite un trabajo coordinado y la posibilidad de concentrar la mayor parte de las necesidades de computación en un solo punto sin tener que distribuir un costoso sistema de actuación.

SABINA muestra como la agregación de la demanda es una opción interesante y necesaria para caminar hacia la transición energética, pues consigue dar respuesta a todos los aspectos que se precisan para “reverdecer” la red eléctrica, tener recursos distribuidos democratizando el sistema y reducir el consumo eléctrico.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el programa Horizon 2020 de la Unión Europea en el acuerdo nº731211 (SABINA). El trabajo de C. Corchero está parcialmente financiado por IJCI-2015-26650 (MICINN). Asimismo, la investigación de ambos autores C. Corchero, Ll. Canals cuenta con el soporte de la Generalitat de Catalunya (2017 SGR 1219).

Los autores quieren agradecer al resto de socios del proyecto sus ganas de participar y la buena predisposición para con el buen desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] H2020 n°731211. “SABINA - SmArt BI-Directional Multi ENergy GATeway.” <https://sabina-project.eu> (Mayo, 2019).
- [2] Canals Casals, L., Corchero, C., Ortiz, J., Salom, J., Cardoner D., Igualada, L., Carrillo, R.E., Stauffer, Y., 2019, IEEE proceedings 16th European Energy Markets, Lubljana.
- [3] Clausen, A., Umair, A., Demazeau, Y., Jørgensen, B.N., 2017, Advances in Practical Applications of Cyber-Physical Multi-Agent Systems 1th International Conference, PAAMS Collection, Porto.
- [4] Macarulla, M., Canals Casals, L., 2017, XXI Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos, Cadiz.
- [5] Tagliapietra, S., Zachmann, G., Edenhofer, O., Glachant, J.M., Linares, P., Loeschel, A., 2019, Energy Policy