

GESTIÓN ACTIVA DE LA DEMANDA - CASOS DE ESTUDIO: PROYECTOS OPENADR4CHILE Y G.R.A.C.I.O.S.A.

Parejo, Antonio*; **García, Sebastián**; **Personal, Enrique**; **Larios, Diego Francisco**; **Gallardo, Alejandro**; **Guerrero, Juan Ignacio**; **García, Antonio**; **León, Carlos**

TIC-150: Tecnología Electrónica e Informática Industrial
Departamento de Tecnología Electrónica (DTE). Escuela Politécnica Superior (EPS). Universidad de Sevilla (US).

*E-mail: aparejo@us.es

RESUMEN

Actualmente, las Redes Eléctricas Inteligentes (*Smart Grids*) presentan una integración de recursos energéticos distribuidos (fundamentalmente renovables) cada vez mayor. Esta tendencia, unida a mayores exigencias de calidad de servicio, hacen esencial la inclusión de nuevos sistemas de gestión que garanticen su estabilidad e interoperabilidad.

Una posible solución respondería al paradigma de gestión activa de la demanda (*Demand-Side Management, DSM*) donde el cliente ahora es un activo controlable. Este cambio beneficia a dos actores: A) las compañías eléctricas (*Utilities*), cuyo interés radica en un mecanismo de ajuste del consumo. B) los clientes: que persiguen la optimización energética y económica, pudiendo reducir y modificar su perfil de consumo. Ambos enfoques plantean estrategias *Win-to-Win* cliente/operador.

Esta comunicación expone dos proyectos demostradores DSM reales, donde el TIC-150 ha colaborado activamente en su desarrollo con Endesa/Enel: 1) OpenADR4Chile: donde por parte de la *utility* se plantea una arquitectura OpenADR para la gestión de programas de capacidad. Adicionalmente, este trabajo se complementa con la creación un *Living-Lab* en la EPS. 2) G.R.A.C.I.O.S.A. donde la actividad del grupo se ha centrado en la definición/ implementación de una métrica o conjunto de indicadores clave de desempeño (KPIs) para la valoración de las políticas de gestión energética de los clientes.

PALABRAS CLAVE

Red Eléctrica Inteligente, Microrred, Gestión Activa de la Demanda, Indicadores Clave de Desempeño.

ABSTRACT

Nowadays, Smart Grids (SG) tend to incorporate distributed energy resources (mainly renewable) more and more. This tendency and the rising exigency level on service quality, make the inclusion of new management systems essential, to guarantee stability and interoperability.

A possible solution could be reached applying the paradigm of Demand-Side Management (DSM), where customers become controllable actives. This change benefits both parts: A) Utilities, who interest is centered into consumption adjustment skills. B) Customers, who follow energy and economic optimization, being able to reduce and modify their consumption profile. Both points of view propose Win-to-Win strategies for customer/utility.

This work shows two use-cases of DSM strategies in which the TIC-150 has collaborated actively in their developing with Endesa/Enel: 1) OpenADR4Chile: it proposes the use of and OpenADR architecture for capacity program management. This allowed also creating a Living-Lab in the Escuela Politécnica Superior. 2) G.R.A.C.I.O.S.A., in which the TIC-150 has defined/implemented a set of Key Performance Indicators (KPIs) to check and evaluate energy management politics applied by the customers.

KEYWORDS

Smart Grid, Microgrid, Demand Side Management, Key Performance Indicators.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Dentro del concepto de Red Eléctrica Inteligente (o *Smart Grid*) [1], [2] cada vez encontramos más presente la integración de recursos energéticos distribuidos (con una fuerte presencia de las energías renovables) como un punto clave [3], [4]. Esta tendencia, unida a los niveles de exigencia en la calidad de servicio de este tipo de redes, hacen esencial la presencia en ésta de nuevos sistemas de gestión energética que garantice la estabilidad e interoperabilidad de los elementos de la red, así como llevar a cabo su monitorización [5], [6]. Estos requisitos tendrán como objetivo lograr un sistema eléctrico limpio, seguro, fiable, estable, eficiente y sostenible [7], [8].

Para solucionar este problema se han propuesto numerosas estrategias [9]. Una de estas estrategias de control de la red responde al paradigma de gestión activa de la demanda (o *Demand-Side Management*, DSM) [10], [11], donde el consumo/generación del cliente se convierte en un activo para el control de la red, pudiendo modificar bajo demanda su comportamiento. En este sentido, dichos activos pueden ser explotado desde dos vertientes:

Por un lado, por las empresas suministradoras (o *Utilities*), cuyo objetivo es disponer de un mecanismo de reducción (bajo demanda) del consumo de los clientes, para responder a las necesidades de la red y garantizar así su estabilidad, tanto en régimen normal como de emergencias. Este concepto aparece reflejado en la Figura 1. Además, esta idea está ligada al paradigma de las redes auto cicatrizantes (*self-healing*), en las que la red es capaz de realizar automáticamente las operaciones precisas para recuperarse tras un fallo [12], y que con esta capacidad de control podría reducir el consumo de la red para adaptarlo a situaciones de emergencia o donde los recursos no estén a plena capacidad.

Por otro lado, por los propios clientes, que desde una perspectiva local tienen en estos sistemas unos mecanismos de optimización, aumentando su eficiencia energética (reduciendo su consumo) y aumentando su eficiencia económica (reconfigurando su perfil de consumo para adaptarlo a los periodos de menor coste).

En ambos casos, estas operaciones requerirán de una serie de instalaciones, tal y como puede verse en la Figura 2, No obstante, ambos enfoques son totalmente compatibles, por lo que claramente las tecnologías DSM plantean una estraga *Win-to-Win* entre el cliente y el operador.

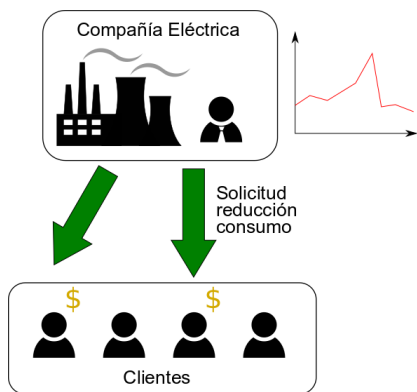


Figura 1. DSM desde punto de vista de la suministradora.

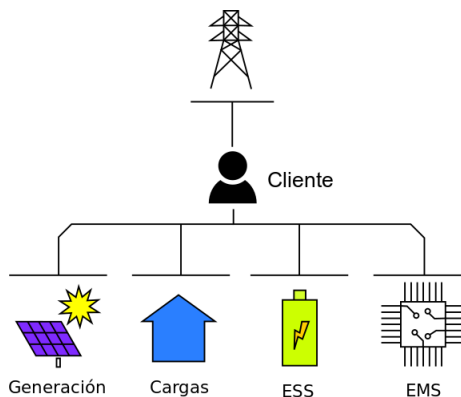


Figura 2. DSM desde el punto de vista del cliente.

Como muestra de esta tendencia, el TIC-150 de la Universidad de Sevilla ha colaborado con la empresa Endesa/Enel en el desarrollo de proyectos demostradores, y donde se han evaluado y puesto en práctica estos dos enfoques: Por un lado, el proyecto OpenADR4Chile, donde este grupo ha desarrollado una arquitectura, basada en el estándar OpenADR, para la gestión de programas de capacidad por parte de la *utility*, así como la puesta en marcha de un *Living-Lab* en la EPS que ponga de manifiesto las virtudes de esta tecnología. Paralelamente, en el proyecto G.R.A.C.I.O.S.A., la actividad del grupo se ha centrado en la definición e implementación de una métrica o conjunto de indicadores clave de desempeño (*Key Performance Indicators*, KPIs) para la valoración de las políticas de gestión energética de los clientes.

CASOS DE ESTUDIO Y RESULTADOS

A continuación, se presentan dos casos de estudio del paradigma de DSM, representado cada uno de ellos, uno de los dos puntos de vista desarrollados en el apartado anterior.

Caso de estudio 1: Proyecto OpenADR4Chile

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un piloto de tecnología DSM, en concreto, de las técnicas de respuesta a la demanda (*Demand Response*, DR) en el edificio Smart Grid en Santiago de Chile (Figura 3). Para ello, se está usando el protocolo OpenADR.

Su objetivo será controlar la carga en función de los acuerdos preestablecidos con los clientes, escogiendo el mejor cliente al cual solicitar la reducción en función de sus necesidades.

Además, también se está colaborando con la Universidad de Savona (Figura 4) desarrollando una arquitectura interoperable que permita la integración de su sistema de gestión de energía (*Energy Management System, EMS*) como un recurso, donde se gestionan los consumos de distintos edificios.



Figura 3. Edificio Smart Grid.

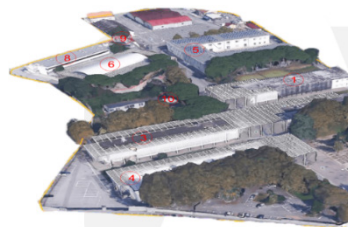


Figura 4. Campus de Savona.

Para completar esta experiencia, también se ha instalado un demostrador (*Living Lab*) en la Escuela Politécnica Superior (aula 2.2bis), tal y como se observa en la Figura 5 y Figura 6. Dicho *Living Lab* permite la realización de pruebas de programas de gestión de capacidad sobre los recursos eléctricos reales del aula:

- Control de iluminación (2kW)
- Control de climatización (4kW)
- Control de cargas (enchufes)
- Medidas basadas en telegestión (*Smart Meters*)

Todo ello gestionado por un sistema DRMS (*Demand Response Management System*).

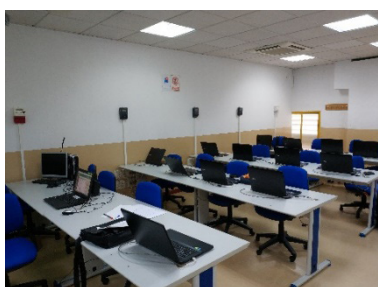


Figura 5. Aula 2.2bis de la EPS.



Figura 6. Sistemas de control.

Caso de estudio 2: Proyecto G.R.A.C.I.O.S.A.

El objetivo del proyecto G.R.A.C.I.O.S.A. (Generación Renovable con Almacenamiento y Consumos Inteligentes para la Operación de redes de distribución con Sistemas de Autoconsumo) es la mejora del sistema eléctrico en la isla de la Graciosa (Canarias)

hacia un sistema autosuficiente en el que pueda generar, almacenar y distribuir su propia energía (Figura 7).



Figura 7. Isla de la Graciosa.

Para ello se ha instalado una microrred que integra la generación distribuida (placas fotovoltaicas) con unas baterías y supercondensadores.

Además, se aplican diversas tecnologías de comunicación para facilitar la integración de todos estos elementos dentro del sistema eléctrico.

Dentro de este ambicioso proyecto, las labores del TIC-150 han consistido en la definición/implementación de una métrica o conjunto de indicadores clave de desempeño (*Key Performance Indicators*, KPIs) para la valoración de las políticas de gestión energética de los clientes. Estos KPI consisten en un conjunto de medidas cuyos valores están directamente relacionados con objetivos fijados en el proyecto.

Los requisitos para dichos KPI son varios. En primer lugar, deben ser concisos y claros (típicamente se expresarán como porcentajes) para facilitar su comparación). Además, deben ser calculados periódicamente y reflejar la evolución temporal, de forma que pongan de manifiesto las ventajas e inconvenientes de las estrategias planteadas. Esto permite utilizar estos indicadores para escoger y/o reajustar la estrategia más efectiva en cada momento.

Los indicadores propuestos pueden verse en la Figura 8.

Eficiencia energética	Indicadores Globales	Consumo de Energía global (Vivienda completa)	Reducción del consumo Global
			Aplanamiento de la curva de demanda
	Indicadores Locales	Consumo de Energía local	Reducción del consumo Local
			Aplanamiento de la curva de consumo Local
			Porcentaje del consumo gestionable
		Generación	Porcentaje del consumo local generado
	Almacenamiento	Porcentaje del consumo local regulado por la batería	
			Eficiencia del Sistema de almacenamiento
	Económicos	Ahorro económico en la factura del cliente	Ahorro económico por reducción Consumo
			Ahorro económico por reducción Término del Potencia
Estudios de Amortización de los sistemas		Horizonte amortización sistema gestión consumo local	
		Horizonte amortización sistema Generación	
	Horizonte amortización sistema Almacenamiento		
Medioambientales	Ahorro del consumo comparado con clientes de la misma tipología		
	Reducción global de emisiones de CO ₂	Reducción emisiones CO ₂ asociadas a generación local	
		Reducción emisiones CO ₂ asociadas a reducción consumo	

Figura 8. Indicadores propuestos.

En cuanto a los resultados obtenidos en este proyecto, los KPI indican que se ha logrado una mejora global significativa en los tres aspectos (Eficiencia energética, Economía y Medio ambiente).

Concretamente, se ha logrado una reducción del consumo global (o visto desde la red) de un 36,8% (15,1 kWh/día), una reducción del consumo local del 7,78% (8 kWh/día), un ahorro económico en la factura del 31% (2,12 €/día) y una reducción global de emisiones de CO₂ del 36% (2,89 kgCO₂/día).

CONCLUSIONES

En un ecosistema tan variado y cambiante como es el sistema eléctrico, urge llevar a cabo la integración de nuevas técnicas que faciliten su gestión, siendo una de ellas la gestión activa de la demanda. Podemos definir dos vertientes para este paradigma, el punto de vista de la compañía suministradora y el punto de vista del cliente, estando ambos directamente relacionados.

Dada esta situación, el grupo TIC-150 ha participado en dos proyectos en los cuales se aplicaban dichos enfoques y ponen de manifiesto las ventajas de su aplicación. En el proyecto OpenADR4Chile se ha establecido la estructura básica que debe tener un sistema a nivel de suministradora para regular el consumo de forma efectiva. En el proyecto G.R.A.C.I.O.S.A., los resultados muestran una clara mejora en la eficiencia energética y una reducción en el consumo y factura de los clientes.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a la dirección de la Escuela Politécnica Superior por la organización de estas jornadas. También quisiéramos agradecer al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte por la concesión de la beca Formación Profesorado Universitario (FPU). Finalmente, agradecer a Endesa/Enel por brindarnos la oportunidad de participar y colaborar en el desarrollo de estos proyectos, así como a las entidades públicas (CDTI) que han financiado su desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Farhangi, H. (2010). The path of the smart grid. *IEEE Power and Energy Magazine*, 8(1), pp. 18–28.
- [2] Kezunovic, M., McCalley, J. D., y Overbye, T. J. (2012). Smart Grids and Beyond: Achieving the Full Potential of Electricity Systems. *Proceedings of the IEEE*, 100. Special Centennial Issue, pp. 1329–1341.
- [3] Kakran, S. y Chanana, S. (2018). Smart operations of smart grids integrated with distributed generation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, pp. 524–535.
- [4] Baldwin, E., Rountree, V., y Jock, J. (2018). Distributed resources and distributed governance: Stakeholder participation in demand side management governance. *Energy Research & Social Science*, 39, pp. 37–45.
- [5] Personal, E., García, A., Parejo, A., Larios, D. F., Biscarri, F., y León, C. (2016). A comparison of impedance-based fault location methods for power underground distribution systems. *Energies*, 9(12).
- [6] Stringfield, T. W., Marihart, D. J., y Stevens, R. F. (1957). Fault Location Methods for Overhead Lines. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Part III: Power Apparatus and Systems*, 76(3), pp. 518–529.

- [7] Gharavi, H. y Ghafurian, R. (2011). Smart Grid: The Electric Energy System of the Future. *Proceedings of the IEEE*, 99(6), pp. 917–921.
- [8] Personal, E., Guerrero, J. I., Garcia, A., Peña, M., y Leon, C. (2014). Key performance indicators: A useful tool to assess Smart Grid goals. *Energy*, vol. 76, pp. 976–988.
- [9] Olivares, D. E., Mehrizi-Sani, A., Etemadi, A. H., Cañizares, C. A., Iravani, R., Kazerani, M., ... Hatziargyriou, N. D. (2014). Trends in Microgrid Control. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(4), pp. 1905–1919.
- [10] Santo, K. G. D., Santo, S. G. D., Monaro, R. M., y Saidel, M. A. (2018). Active demand side management for households in smart grids using optimization and artificial intelligence. *Measurement*, 115, pp. 152–161.
- [11] Ebeid, E., Rotger-Griful, S., Mikkelsen, S. A., y Jacobsen, R. H. (2015). A methodology to evaluate demand response communication protocols for the Smart Grid. En *2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW)*, pp. 2012–2017.
- [12] Massoud, S. y Giacomoni, A. M. (2012). Smart Grid-Safe, Secure, Self-Healing. *IEEE Power and Energy Magazine*, (10), pp. 33–40.