

LA RED TEMÁTICA REDYD-2050: OBJETIVOS, TECNOLOGÍAS Y PROPUESTAS PARA FACILITAR LA INTEGRACIÓN DE PEQUEÑOS Y MEDIANOS USUARIOS EN LAS SMART GRIDS

Carlos Álvarez, Instituto de Ingeniería Energética (IIE-UPV), Universidad Politécnica de Valencia

José Ignacio Moreno, Gregorio López, Dpto. Ing. Telemática, Universidad Carlos III de Madrid

Camilo Carrillo, Grupo EN.E del Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Vigo

Ignacio J. Ramírez, Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Zaragoza

Sergio Valero, Dpto. de Ing. Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández de Elche

Javier Matanza, Instituto de Investigación Tecnológica (IIT), Universidad Pontificia de Comillas

Antonio Gabaldón, Juan Medina, ETS de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Cartagena

Resumen: Las futuras redes eléctricas necesitan ser flexibles en el lado de la demanda para que la política energética de la UE sea creíble, sobre todo en lo que se refiere a la integración de mayores porcentajes de renovables. Por ello, las tendencias internacionales establecen que los sistemas eléctricos necesitarán un consumidor más activo. Algunas barreras se empiezan a derribar, como es la igualdad de consideración y retribuciones a los recursos de demanda (DR) y de generación, siempre y cuando los primeros demuestren tener capacidades similares. La participación activa y la demostración de sus capacidades son retos importantes entre los pequeños y medianos usuarios, pues son éstos los que más barreras se encuentran en su participación cuando su potencial es indudable (sus usos energéticos explican más del 50% del consumo). REDYD-2050 (<http://www.redyd2050-der.eu/>) es una red financiada por MINECO (2015-17) que integra a 7 grupos de investigación expertos en tecnologías clave para hacer creíble la DR. Este artículo presenta los objetivos de la red, entre los que destacan integrar tecnologías y plantear soluciones innovadoras a problemas como: modelado y agregación de DR; automatización de DR; aplicación de las TIC a DR; validación e implantación de DR en mercados; predicciones de precios y consumos; o monitorización y evaluación de DR.

Palabras clave: Medidores Inteligentes, Modelos de cargas, Monitorización no invasiva, Predicción de la Demanda, Predicción de Precios, Respuesta de la Demanda, Smart Grids, TIC en DR. ,

INTRODUCCIÓN

Antecedentes: estado y beneficios de la Respuesta de la Demanda

La finalidad de REDYD-2050 es intercambiar conocimientos y experiencias que permitan avanzar en el desarrollo del potencial de la Respuesta de la Demanda (DR) en los sistemas eléctricos, demostrando la capacidad técnica de la DR frente a los recursos más "convencionales" del lado de la generación. Este principio de igualdad en capacidades debe ser demostrado y verificado para la DR, como por ejemplo se establece en EEUU (FERC, 2011), aparte obviamente, de garantizar su viabilidad económica.

La denominada "Energy Union" es una de las 10 prioridades temáticas de la UE, ocupando la DR un papel fundamental en la política energética. La Comisión Europea (EC) en su estrategia marco sobre el mercado de energía indica en un informe al Parlamento (COM, 2015) que el futuro mercado de la electricidad debe tener en su núcleo a un consumidor protagonista y activo que se beneficie de las nuevas tecnologías para reducir sus costes (flexibilizando su consumo a través de la DR, o bien almacenando o generando energía). Desde el punto de vista económico, el Comisario de Energía afirmó (Arias, 2015) que "... *the business case for a more active participation of demand is clear - demand side response alone could save our economy up to 100 Billion Euro per year...*". Los pequeños y medianos usuarios explican más del 50% del consumo, por lo que su aportación a este ahorro es de elevado interés económico, y necesitan de una demostración y exploración a fondo de sus posibilidades.

La situación de la DR en Europa se ha venido analizando en diferentes plataformas, por ejemplo, Smart Energy Demand Coalition (SEDC, 2015). En sus informes, se destaca que la DR ha experimentado un progreso notable entre 2012 y 2015, a nivel de la regulación de los Estados Miembros (MS), debido a los requisitos impuestos por la Directiva de Eficiencia Energética (EE Directive, 2012), pero también se indica que en la práctica existen dificultades casi insalvables en muchos países para la mayoría de los consumidores (especialmente medianos y pequeños) y España se encuentra entre esos MS que imponen mayores barreras. Muchos MS han establecido tradicionalmente iniciativas de DR en segmentos en los que la agregación es innecesaria (grandes consumidores), cuando curiosamente los reguladores y operadores del sistema consideran la agregación una herramienta clave de DR (CEER, 2014), junto con la clarificación de responsabilidades entre los diferentes agentes (agregadores, comercializadores, ...). Es también interesante considerar que, si bien la utilización de grandes consumidores es más sencilla para los operadores y necesita de menores inversiones iniciales (al contrario que la agregación de miles de pequeñas cargas), su operación puede ser mucho más costosa (CEER, 2014) que en pequeños usuarios (i.e., diferente "valor" de la energía y más alternativas de servicio en la cartera de recursos).

Además, el despliegue de las tecnologías habilitadoras ("*enabling technologies*") fundamentalmente los "*Smart Meters*" y tecnologías de "*Home Automation*" simplifican notablemente la implementación práctica de la DR en los pequeños consumidores, permitiendo que políticas de eficiencia y de DR compartan gastos en TIC. El problema con estas tecnologías es si el esfuerzo económico desarrollado en nuestros países (40.000 millones de euros en la UE) es positivo y se han aprovechado las capacidades de las TIC (además de los problemas que surgen sobre seguridad y protección de los datos que se manejan). Algunos agregadores, como ENERNOC, consideran que es posible recuperar con creces esas inversiones si las capacidades de estas TIC son explotadas (p.ej., explotar con ellas la DR y facilitar información práctica al consumidor final). Con estos precedentes, en REDYD-2050 se consideran con la debida importancia las TIC, las políticas de DR, y sus sinergias.

En términos generales, y resumiendo se puede decir que el nivel de recursos de DR está lejos de su máximo potencial (la antigua UCTE lo fijaba en 2010 en un 5% del pico de potencia a nivel de la UE, mientras que en EEUU se acercaba al 10% en el mismo periodo), por lo que se considera pertinente investigar más a fondo en la búsqueda de nuevos recursos DR mucho más flexibles en nuevos segmentos de consumidores. Siendo el problema claramente multidisciplinar parecía oportuno agregar la experiencia de los 7 grupos que componen REDYD-2050 y que son expertos en áreas como: TIC, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica, Matemática Aplicada y Estadística.

Visión de la red REDYD-2050 sobre la Respuesta de la Demanda

Explotar los recursos de DR en los pequeños segmentos de usuarios tiene tres grandes ventajas: gran cantidad de demanda y de muy diferente tipo disponible, distribución geográfica de la misma y fiabilidad (contamos con casi "infinitos" recursos). Sin embargo tiene serios inconvenientes: cómo seleccionar los recursos (identificación de patrones de demanda, monitorización y segmentación de la demanda), cómo validar la flexibilidad y respuesta de esos recursos (modelado y control de las cargas), cómo hacer que el consumidor sea un "*prosumer*" (predicción de carga y generación, y su gestión), cómo informar y a la vez garantizar la seguridad de la dicha información (educación, ciber-seguridad), cómo agregar la demanda (posibilitando la actuación de agregadores, suministradores de balance o de servicios energéticos, los llamados CSP, BRP o LSE) y, por último, cómo hacer económicamente viable la DR (optimización de la respuesta, gestión de las TIC, predicción de precios, gestión de eventos y plataformas electrónicas del mercado eMKT, establecimiento de sinergias con la eficiencia energética,...). Precisamente el problema es tan complejo que hace imposible a nivel de Departamento o Instituto Universitario su resolución óptima, necesitando el trabajo de una red de expertos en varias de estas temáticas, de manera que se obtenga un grupo de trabajo que pueda ser competitivo a nivel nacional e internacional. La Figura 1 muestra las "especialidades" y sinergias que se espera desarrollar entre los 7 grupos que se integran en REDYD-2050.

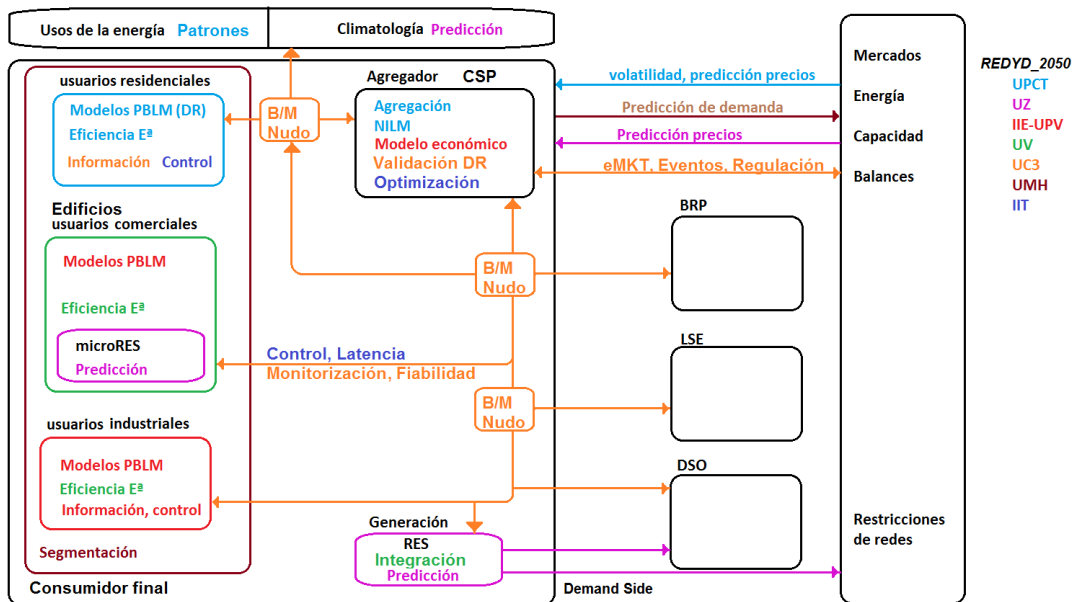


Figura 1. Interacciones entre diferentes actores, software y hardware para la DR. Experiencias de la red REDYD-2050 en cada uno de los campos

En este sentido, es relevante el trabajo presentado en (Chatzivasileiadis,2015) donde los autores describen un entorno de simulación que aúna algunas de las diferentes dimensiones a tener en cuenta para modelar el comportamiento que la DR tendría a nivel de sistema.

PARTICIPACIÓN DE LOS CONSUMIDORES ACTIVOS EN LOS MERCADOS

Mercados de Capacidad

Puede decirse que los mercados de capacidad se pusieron "de moda" en EEUU en 2007 (sistemas de Nueva Inglaterra y PJM) y que esa moda se ha trasladado recientemente a la UE (Reino Unido desde 2014). La ventaja de los mercados de capacidad es que permite atraer bien nuevos recursos de generación e infraestructura, o bien en el lado de la demanda propiciar la eficiencia energética (EE) y la DR, para mejorar la tasa de uso de las redes eléctricas. Normalmente las medidas se ofertan a tres años vista y se realiza un pago por capacidad según el mercado (4 años en PJM o durante la vida útil de la medida en otros sistemas), que es muy atractivo y poco volátil económicamente, exigiendo al consumidor el detalle técnico del ahorro que supone la política EE/DR en un periodo de tiempo. Además, el consumidor debe realizar una oferta (kW) y fijar su precio (€/kW-año) en estos mercados.

El primer problema es determinar dónde está esa capacidad de ahorro en un determinado grupo de consumidores. El primer paso debe ser realizar una valoración de su demanda por uso final de la energía a lo largo de un periodo suficientemente grande (anual), bien mediante una red de sensores específicos conectados a la carga (por ejemplo, con tecnologías Zigbee o Z-wave, muy comunes en domótica) o bien mediante la utilización del contador de medida global y técnicas de monitorización no invasiva (NILM). En ambos casos, lo ideal es tener un canal de comunicación bi-direccional consumidor-gestor_DR (agregador) y utilizar un *software* adecuado. Con esos datos puede establecerse el consumo medio por uso final, las posibles medidas a establecer en cada carga (climatización, agua caliente, iluminación, cocina, ventilación, etc), las subvenciones existentes (planes "renove" de cargas o sus envolventes térmicas), los precios de la energía (ahorro en otros mercados a medio plazo), y, por supuesto, definir el potencial de ahorro agregado (mediante tecnologías de agregación, ya que incluso en los casos más "favorables" se debe superar el umbral de centenas de kW) y fijar el precio de estas ofertas (mediante un modelo de negocio).

En el caso de que la oferta sea aceptada, el agregador y sus consumidores disponen de un plazo de tres años para instalar la tecnología de EE o bien DR, y por supuesto las TIC y herramientas necesarias para gestionar esa demanda. La Figura 2 muestra un esquema del proceso, dónde las tecnologías específicas en que es experta REDYD-2050 (NILM, monitorización, control, modelos de carga, modelos de negocio, *smart metering* y *sub-metering*, ...) pueden consultarse con más detalle en la web ((<http://www.redyd2050-der.eu/>)).

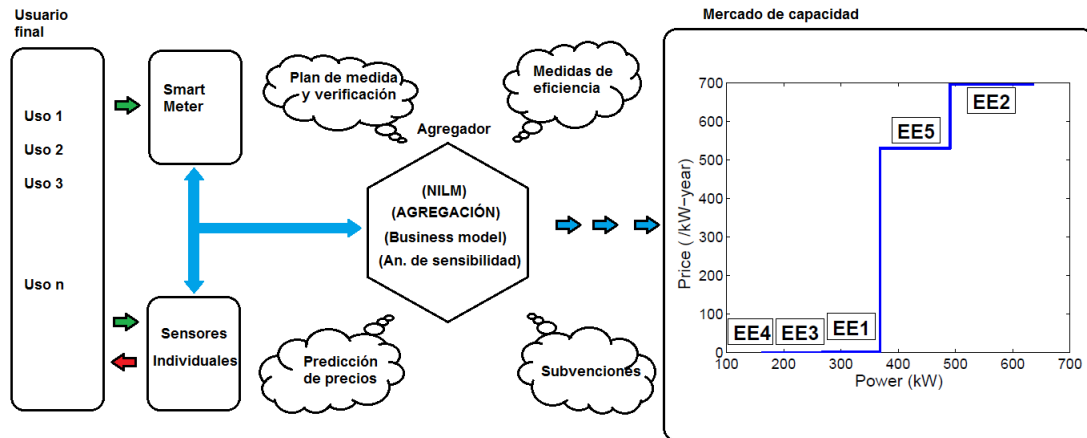


Figura 2. Esquema de trabajo en los futuros mercados de capacidad, según la visión de REDYD-2050.

Mercados de Energía

Estos mercados quizás presenten el mayor riesgo para el consumidor por la volatilidad de sus precios (especialmente, definir cuándo puede ser rentable participar y cómo anticiparse al consumo o recuperar energía, el llamado "*payback*"), la ausencia de pagos por "capacidad de respuesta", y las pérdidas de servicio (confort del usuario) que se pueden producir. Desde el punto de vista de los mercados la respuesta (aunque mínima) de la demanda, supone un claro beneficio por la estabilidad que podría dar a los precios en estos mercados, al propiciar la creación de una demanda realmente elástica. Desde el punto de vista de la red, las cargas con mejores perspectivas son las de ventilación, calefacción y aire acondicionado (HVAC). La precisión en la respuesta de la carga es muy importante, estando ésta muy condicionada por las variables climatológicas, de ahí que una buena predicción de las mismas sea esencial, junto con: una estimación a corto plazo (6-48h) de los precios diarios, intradiarios o a tiempo real (en sus diferentes denominaciones); una monitorización de la respuesta de esas cargas en tiempo real; y una información al usuario de posibles actuaciones, bien en tiempo real o a día vista.

Pensando en las *Smart-Grids* (SG), una carga activa puede gestionar generación que normalmente se perdería en el sistema (precalentamiento o enfriamiento de los recintos, o de la temperatura del agua caliente sanitaria almacenada). Para ello el consumidor (o su agregador) deben tener buenas previsiones de precios de la energía, de la generación renovable, y modelos de carga lo suficientemente precisos para evaluar los tamaños y precios de las ofertas. Es también básico monitorizar la carga y crear herramientas de información al consumidor (precios), pero también explicar qué supone la DR (contribución a la sostenibilidad y al medioambiente, aparte de la vertiente económica) mediante vídeos y cursos en diferentes plataformas y redes sociales, con *software* específico (Camtasia, Sony Vegas, PowToon, etc), pensando ya en los futuros consumidores. La Figura 3 define la relación entre estas tareas.

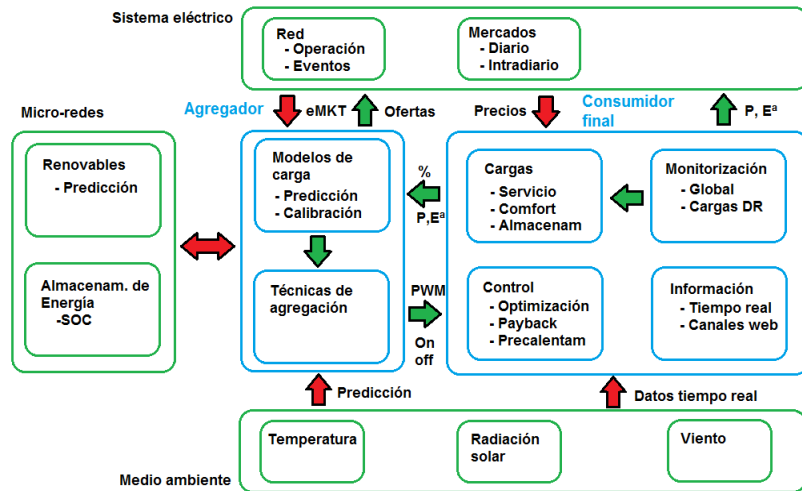


Figura 3. Esquema de trabajo en los mercados de energía, según la visión de REDYD-2050.

Mercados de Servicios Complementarios

Los servicios complementarios son otro aspecto clave para facilitar la integración de renovables. REDYD-2050 está realizando y desarrollará una serie de estudios sobre los principales problemas asociados a la participación de la demanda: recepción de señales del operador (una ejemplo de señal tipo del operador PJM se muestra en la Figura 4) y su "traducción" a la carga (en función de sus características), posible latencia en la transmisión de las señales y su influencia en los tiempos de respuesta, monitorización y evaluación de la respuesta, así como modelos que sean lo bastante rápidos para predecir ésta. Algunos ejemplos de predicción y adecuación a la respuesta de un grupo de cargas pueden verse en la Figura 4 y con más detalle en salidas de los modelos de cargas en la web de la red temática (<http://www.redyd2050-der.eu/>).

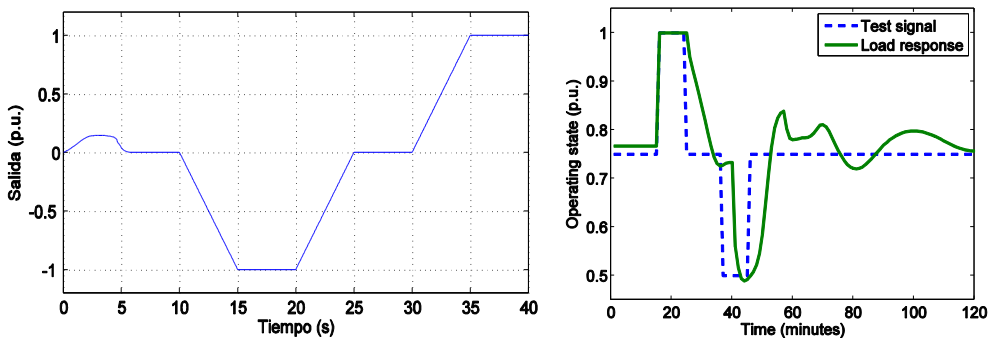


Figura 4. Señal de regulación "tipo A" (PJM, EEUU) y respuesta de un modelo de carga térmica agregada.

Aplicación de las TIC a la DR

Las TIC juegan un papel fundamental en la implementación de programas de DR. Por un lado, en cuanto a la parte de comunicaciones se refiere, existen distintos tipos de DR con distintos requisitos temporales y un amplio abanico de tecnologías de comunicaciones con diferentes prestaciones. Por lo tanto, es importante disponer de herramientas de simulación que permitan tanto diseñar la arquitectura de comunicaciones y elegir las tecnologías más adecuadas (López *et al.*, 2014) como evaluar las limitaciones de una infraestructura determinada (Matanza *et al.*, 2015), minimizando tiempo y costes. Dentro del

proyecto REDYD-2050 se cuenta con experiencia en este tipo de herramientas y se sigue trabajando en esta línea de investigación (Seijo *et al.*, 2016).

Asimismo, los programas y eventos de DR dependen de muchos factores (meteorología, red eléctrica, red de comunicaciones, comportamientos térmicos de edificios), por lo que surge la necesidad de herramientas de co-simulación que permitan investigar y evaluar de manera ágil la influencia de todos ellos, presentando REDYD-2050 también experiencia en este ámbito (Chatzivasileiadis *et al.*, 2016).

Por otro lado, desde el punto de vista de tratamiento de información, tecnologías como *Big Data* y *Cloud Computing* son fundamentales para poder procesar, en los márgenes de tiempo fijados, los grandes volúmenes de datos, de distinta naturaleza y en distintos formatos, en base a los que se toman las decisiones relacionadas con DR, por lo que éste también representa un tema de interés dentro del proyecto.

Por último, el uso de las TIC aporta muchas ventajas, pero también algunos riesgos. Por ejemplo, si un atacante toma acceso de una infraestructura TIC para DR podría provocar desajustes entre oferta y demanda eléctrica que acabasen conllevando caídas del suministro eléctrico. Por lo tanto, la ciberseguridad representa un tema de capital importancia que también se pretende explorar en el proyecto.

CONCLUSIONES

La participación de los consumidores en las redes eléctricas tiene un interés creciente en la UE. La complejidad del problema hace necesaria la puesta en común de experiencias entre investigadores de diferentes disciplinas académicas, los consumidores y, en general, los agentes y operadores de redes y mercados. La puesta en común de experiencias en la plataforma REDYD-2050, y su difusión, pueden contribuir a mejoras en la operación y planificación de nuestros sistemas.

AGRADECIMIENTOS

REDYD-2050 está financiada por MINECO a través del proyecto con referencia ENE2015-70032-REDT, y también por los fondos FEDER de la Unión Europea a través del proyecto ENE2013-48574-C2-2-P.

REFERENCIAS

- Arias M., "A modern Energy Union for competitive, secure and sustainable energy for the European Industry", April 2015, Euro Economic Congress, Poland http://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-15-4825_en.htm
- Chatzivasileiadis S., et al, "Cyber physical modeling of distributed resources for distribution system operations", IEEE Proceedings, 2015.
- COM(2015) 339 final: Communication from the European Commission on a New Deal for Energy Consumers. Council of European Energy Regulators "CEER Advice on Ensuring Market and Regulatory Arrangements help deliver Demand-Side Flexibility". Ref: C14-SDE-40-03, 2014
- Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of October 2012 on Energy Efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU
- FERC. Orders 745&755. "DR Compensation in Organized Wholesale Energy Markets". 2011; "Frequency Regulation Compensation in Organized Wholesale Power Markets". 2011;
- Smart Energy Demand Coalition (SEDC), "Mapping Demand Response in Europe Today", 2015, Available on line: <http://www.smartenergydemand.eu>
-