

LAS TIC Y LA GESTIÓN DE LOS DESAFÍOS DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE LAS CIUDADES INTELIGENTES

LEONARDO BENÍTEZ

MARIANO ORTEGA

Indra

Según el EuroStat (1), la Unión Europea cuenta en la actualidad con una población aproximada de 507 millones de personas. Aunque es apreciable un envejecimiento progresivo, se estima que en 2040 esta cantidad habrá crecido a 526 millones. El 68% de esta población vive en torno a grandes núcleos urbanos como París, Londres, Berlín o Madrid. Teniendo

en cuenta que la capacidad energética europea es de unos 902 GW (2) cerca del 70% se consume en estas grandes ciudades.

Es importante recordar que, gracias al análisis macroeconómico de la productividad realizado en los últimos veinticinco años (3), la aportación de la energía al desarrollo industrial ha permitido explicar al menos el 86% del crecimiento de las economías actuales. Su implicación en el desarrollo humano en general se hace más palpable en el ámbito urbano, donde la dependencia del suministro de energético es un componente crítico y sustenta casi todas las actividades y servicios básicos: seguridad, transporte, comunicaciones, suministro de agua, calefacción o comercio, entre otros.

Una de las características que define a las Ciudades Inteligentes (CIs) es su capacidad para gestionar de forma coordinada todos estos servicios municipales, poniendo a disposición de sus ciudadanos un entorno sostenible, tanto desde un punto de vista medioambiental como económico, para que estos vivan y desempeñen sus actividades laborales y de ocio. La infraestructura energética es, sin lugar a dudas, una de

las más importantes para una ciudad moderna. Constituye un hecho indiscutible que se ha puesto de manifiesto en al menos 40 grandes apagones (fortuitos o provocados) en distintos lugares del mundo, un ejemplo de los cuales es el de New York en 1977, que afectó a 10 millones de personas durante 25 horas.

Como se deduce de la característica mencionada anteriormente, uno de los retos centrales en una CI es la reducción del impacto medioambiental al tiempo que mantiene el desarrollo económico y mejora la calidad de los servicios que brinda a sus ciudadanos. Las redes eléctricas inteligentes (REIs) y los servicios que estas prestan a las infraestructuras que las utilizan son críticas para esa visión. Entre las nuevas funcionalidades de las REIs, que actualmente ya están modificando el modo de gestionar la energía en nuestras ciudades, cabe mencionar las siguientes:

- **Extensión de la medida eléctrica, la sensorización y la monitorización.** El despliegue de nuevos medidores, sensores y equipos de monitorización en las ciudades actuales proporcionan una visión detallada de los patrones de consumo en la ciudad permitiendo optimizar los recursos necesarios para satisfacerlos.

- **Gestión de la demanda.** Los activos mencionados anteriormente permiten la creación de programas de gestión de la demanda que facilitan a los ciudadanos la toma de decisiones de consumo encaminadas a la reducción de los costes energéticos y de la huella de carbono.

- **Programas de eficiencia energética.** Ya es posible la monitorización del consumo a nivel residencial, industrial y de edificio (público y privado).

- **Integración de fuentes renovables.** Se pueden integrar fuentes de generación distribuida, en particular la generación fotovoltaica y la proveniente de otras fuentes no convencionales presentes en el subsuelo de las ciudades (red de agua, energía térmica asociada a infraestructuras, residuos, energía geotérmica), con la consiguiente repercusión en la disminución del impacto ambiental. Estos nuevos modos de generar energía son cada vez más baratos y accesibles a los ciudadanos y comunidades.

Como características y funcionalidades futuras de las CIs, que actualmente se encuentran en un avanzado proceso de maduración, es importante señalar:

- **Almacenamiento distribuido.** Se podrán gestionar las nuevas tecnologías de almacenamiento distribuido y la demanda proveniente de la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos. Este almacenamiento distribuido será de una granularidad cada vez mayor y facilitará que cada usuario o comunidad de usuarios pueda llegar a almacenar energía para un período razonable de tiempo.

- **Integración global.** Se podrán coordinar los sistemas de gestión de energía con el resto de infraestructuras de la ciudad, incluyendo sistemas de transporte electrificados, sistemas de gestión de edificios (BMS) y sistemas de gestión sanitaria y de atención a los ciudadanos dependientes, entre otros. La integración global se concibe desde el concepto más amplio de Internet de las Cosas (Internet of Things, o por sus siglas IoT) que posibilita la conexión de todos los activos disponibles en las ciudades en los ámbitos citados como elementos interoperables que pueden colaborar en la prestación de los servicios de forma más óptima y sostenible.

LA EVOLUCIÓN DE LAS TICS Y LAS REDES INTELIGENTES †

La proliferación y operación de las futuras REIs será posible gracias a la aplicación masiva de tecnologías de la información y a los avances en investigación básica como elementos de soporte a un nuevo mix de generación e integración de la energía en las redes. Como hemos mencionado anteriormente, esta segunda tendencia tendrá foco en el uso de las energías renovables y en los nuevos medios de almacenamiento.

En el nuevo escenario de generación y almacenamiento distribuido, las TIC deben apoyar la nueva for-

ma de diseño de las redes eléctricas y de los mecanismos de operación que se encaminan a asegurar su estabilidad. Esta estabilidad se cimentará en la integración a nivel continental de los flujos de la energía que resulta de la generación distribuida y la creación de mercados supranacionales; el uso de redes híbridas en el transporte (AC/DC) y en la generalización de los sistemas FACTS (*Flexible AC Transmission Systems*). Además de propiciar este nuevo mecanismo de operación, se espera que los sistemas TIC sean capaces de gestionar la ingente cantidad de información que se producirá en las REIs, proporcionando mecanismos de decisión avanzados que permitan asegurar no sólo la estabilidad, también una adecuada gestión de eventos y situaciones de alarma y emergencia.

Tras la primera generación de soluciones TIC orientadas a las REIs, asistimos hoy a la incipiente adopción de tecnologías más innovadoras que constituyen un salto cuantitativo en la consecución de este nuevo esquema de operación. Los casos más significativos tal vez sean los siguientes:

- **Internet de las Cosas.** Internet de las Cosas (*Internet of Things*, o simplemente IoT), expresión acuñada por Kevin Ashton (MIT) alrededor de 1995, es un concepto muy amplio y difuso, aunque de forma general, podemos definirlo como el uso masivo y exponencial de dispositivos de sensorización y actuación de bajo coste (generalmente basados en chip de 8 bits) conectados a redes IPv6. Este conjunto de sensores recubren o modelizan técnicamente (*technical overlays*) cualquier dispositivo, máquina y en general objeto que pueda intervenir en la prestación de un servicio o ejecución de un proceso. Gracias a la recogida de esta información es posible controlar, monitorizar y optimizar el rendimiento operacional de cualquier infraestructura o sistema.

- **Fog/Edge/Local Grid Computing.** Como paso adicional a la simple recogida de datos propuesta en el contexto del IoT, comienzan a aparecer tecnologías que permiten el despliegue sobre las redes de elementos de procesamiento inteligente y detección avanzada de patrones en tiempo real empleando motores de reglas (*Business Rules Management Systems*, o por la siglas BRMS) o motores de eventos y *streams* (*Complex Event Processing/Event Streams Processing*, o por sus siglas CEP/ESP). Estos elementos pueden actuar y reaccionar de forma local a eventos programados y no planificados, tomando decisiones en entornos M2M donde la intervención humana no es posible. Dado que los estos elementos tienen una capacidad avanzada para la interacción y colaboración autorganizativa en la modificación de los parámetros y magnitudes de los dispositivos que controlan, comienzan a recibir el nombre de Sistemas Ciber Físicos (*Cyber-Physical Systems*, abreviado como CPS).

- **Social Machines & Social Networks.** Los nuevos canales de comunicación, como las redes sociales,

permiten fomentar la relación entre las empresas y sus clientes, promoviendo nuevas formas de colaboración y favoreciendo la implantación del nuevo esquema de *prosumición*, esenciales para los nuevos esquemas de mercado energético.

- **Cloud Provisioning.** El desarrollo de modelos y herramientas que se proveen en modalidad SaaS se está convirtiendo en el estándar en la prestación de servicios, como es el caso de la eficiencia energética en el sector residencial. Los clientes que desean acceder a los servicios energéticos avanzados no requerirán de la instalación de software en modalidad *premise*, será suficiente con el acceso o integración con los servicios provistos en remoto por las empresas energéticas.

- **Business intelligence/Business Analytics/Big Data.** Las soluciones para el tratamiento de grandes volúmenes de datos han tenido en los últimos cinco años un desarrollo exponencial en el mundo de las TIC, en gran medida motivado por el abaratamiento *hardware* y por el aumento de la integración y la exploración de nuevos paradigmas de representación de datos, más orientados al proceso real que las máquinas necesitan hacer de ellos que a la comprensión y representación humana. Así, las técnicas No-SQL son hoy en día una pauta en el terreno del *Big Data* y sus extensiones de procesamiento (bien en entornos propietarios apoyados por appliances específicos bien en frameworks open source) se constituyen como las técnicas más aplicadas para el BI y BA en la minería de datos.

La relación de las TICs con el sector energético constituye la base de la nueva infraestructura que posibilita lo que muchos llaman la «Tercera Revolución Industrial». El desarrollo de esta relación TICs-Energía establecerá cómo se va a repartir el poder en el siglo XXI (4).

LA SEGURIDAD DE SUMINISTRO Y LAS REDES INTELIGENTES

En un contexto de continuo cambio, las CIs se encuentran en este momento bajo la presión de diferentes factores internos y externos que requieren una nueva aproximación al diseño y despliegue de los sistemas y plataformas que proporcionan los servicios municipales. El rápido crecimiento demográfico (en las siete últimas décadas la población mundial se ha triplicado) y la influencia del cambio climático (especialmente las fuertes migraciones que está produciendo y los violentos fenómenos meteorológicos), requieren CIs que puedan adaptarse rápidamente a cualquier modificación y eventualidad. Esta característica es comúnmente identificada con el término «Resiliencia». Procedente de la psicología y la tecnología de materiales, la «Resiliencia» significa volver a la normalidad, y es un término derivado del latín (del verbo *resilio*, *resillire*: «saltar hacia atrás, rebotar»). Es decir, la resiliencia es la capacidad de volver al estado natural, especialmente después de alguna situación crítica e inusual.

Las REIs deben ser capaces de auto-curarse (*self-healing*) ante una situación adversa, dado que en las nuevas condiciones no sería posible confiar esto a un proceso manual debido a la cantidad ingente de información que sería necesario procesar para tomar decisiones de maniobras o descargos en la red. Esta red debe ser capaz de gestionar:

- **La integración de generación distribuida** de forma masiva y efectiva, favoreciendo la combinación de fuentes de generación renovable y aprovechando su capacidad distribuida para lograr una distribución eléctrica más efectiva.

- **El aprovechamiento de la flexibilidad en el consumo eléctrico**, dinamizando los patrones de consumo urbano e integrando a los consumidores urbanos en la operación de la red de distribución con el objeto de maximizar la eficiencia del sistema eléctrico.

- **La introducción de nuevos agentes y mercados** que permitan el intercambio dinámico de energía y servicios de energía entre distintos puntos de generación y los consumidores.

- **La transformación de las redes de distribución** desde el punto de vista de operación y arquitectura para permitir una operación más flexible y dinámica, adaptando de forma continua la operación de la red a las condiciones cambiantes de generación y demanda asegurando una operación fiable y segura.

La Unión Europea estableció su Plan Estratégico para Tecnologías Energéticas (SET- Plan (*Strategic Energy Technology Plan*)) (5) como pilar de la investigación e innovación de la política energética europea para dar respuesta a estos retos. Este marco estratégico fija el horizonte de 2020 como prioritario para el desarrollo y validación de nuevas tecnologías y servicios energéticos que den una solución integrada a los retos de fiabilidad y eficiencia en el ámbito urbano, integrando de forma accesible a los ciudadanos en la gestión energética.

Como respuesta a estos objetivos estratégicos, las principales líneas de desarrollo tecnológico en la que se están focalizando los esfuerzos de la industria son las siguientes:

- **Tecnologías para la monitorización y automatización de la red**, que faciliten una operación adaptativa y dinámica. Estas tecnologías permiten, a través de nuevas capas de instrumentación y análisis automático, un control y análisis en tiempo real de los parámetros de funcionamiento eléctrico de la red en los niveles de media y baja tensión presentes en el ámbito urbano.

A partir de los resultados del análisis de la operación de la red, los sistemas de operación identifican riesgos e ineficiencias y actúan sobre los elementos de control de la red y coordinan consumidores y generadores conectados en una estrategia integrada.

Por su parte los sistemas y redes de distribución actuales cuentan con una capacidad de monitorización y respuesta muy limitada en los niveles de Media y Baja Tensión que obliga a operar con márgenes significativos de seguridad, reduciendo la eficiencia del suministro eléctrico y alargando los tiempos de respuesta en condiciones de fallo.

• **Infraestructuras de medida inteligente Smart Metering**, que permiten a los consumidores conocer su consumo y generación instantánea y, a partir de este conocimiento y la evolución de los precios de energía, adaptar sus tarifas y patrones de consumo para minimizar la factura eléctrica.

Desde el punto de vista de los operadores, la información detallada procedente de las infraestructuras de contadores inteligentes facilita un mayor control de los flujos de energía y una mejor previsión de su evolución.

Desde el punto de vista de las comercializadoras de energía, la información de contadores inteligentes les permite ofrecer a sus clientes servicios personalizados y prever con mayor precisión las necesidades de energía futuras.

• **Plataformas intercambio de servicios energéticos**, que impulsen el intercambio y aprovechamiento hasta el nivel del ciudadano de posibles flexibilidades dinámicas en consumo eléctrico o de intercambio de excedentes de generación, favoreciendo intercambios de energía desde el nivel del edificio, hasta el nivel de barrio o de ciudad.

Por ejemplo, un domicilio con paneles fotovoltaicos que en determinado momento no esté consumiendo la totalidad de su generación puede vender el exceso a otro domicilio en el mismo barrio.

A través de estas plataformas se podrían casar estas flexibilidades individuales o bien se podrían agregar y casar a través de agentes especializados, ofreciendo estos servicios energéticos a operadores de la red o en el propio mercado eléctrico.

La combinación de estas plataformas con sistemas domóticos de eficiencia energética permitiría a los hogares optimizar de forma continua su suministro y generación eléctrica.

Las líneas tecnológicas descritas se encuentran ya en estadios muy avanzados y, en la mayor parte de los casos, en fase de pilotaje y validación. Una vez demostrada la viabilidad tecnológica de las soluciones para la gestión eléctrica integrada en el ámbito de las ciudades, el siguiente reto a resolver es la adaptación de los marcos regulatorios para permitir estos nuevos modos de operación de las nuevas redes de distribución inteligentes.

La medida inteligente

Las grandes inversiones que se están haciendo en el despliegue de medidores inteligentes (*smart meters*)

proveerá a las ciudades con una plataforma para implementar medidas de eficiencia energética, nuevos servicios a clientes y optimización de red. La Medida Inteligente o *Smart Metering* implica todos los elementos que permiten medir, almacenar y enviar las variables eléctricas medidas a un gestor de la medida. Además de esta función, muy relacionada con la medida usada para la facturación del consumo, los datos de los *Smart Meters* deben ser empleados como ayuda a la explotación del sistema: las variaciones de tensión, las interrupciones del servicio o las medidas de potencia reactiva, por ejemplo, generan señales de alerta al gestor de la red.

Además, y gracias a las comunicaciones asociadas, los *Smart Meters* pueden cumplir también funciones de control. Las acciones más usuales en este ámbito pueden ser la conexión y desconexión del servicio producto de impagos, detección de fraudes y la utilización de estos dispositivos para gestión de la demanda en caso de restricciones técnicas en la red. La denominación de *Smart Meters* está relacionada con el hecho de que esta nueva generación de contadores electrónicos registra un número de magnitudes mayor al de los contadores electromecánicos que, únicamente, registraban consumos de energía activa totalizados. La nueva generación de *Smart Meters* mide registros tales como la potencia y energías activas y reactivas, tanto si el cliente es un consumidor neto de energía como si éste es un generador neto en determinados periodos de tiempo (generación distribuida). Otras magnitudes eléctricas no relacionadas con el consumo para facturación pero sí necesarias para conocer el estado de la red eléctrica (tensiones, intensidades por fase, etc.) también son medidas y registradas en las memorias de estos dispositivos.

Una de las características más destacables es que estos *Smart Meters* disponen de funcionalidad ToU (*Time of Use*), es decir, no registran únicamente el último valor o el valor acumulado en el momento de su lectura, si no que generan y mantienen en su memoria, como dispositivos electrónicos, la evolución de estas medidas en función del tiempo. Esta funcionalidad de dimensión temporal les permite también parametrizar períodos tarifarios. Los equipos de medida inteligente, en la práctica, se han convertido en sensores de la red, dada también su capacidad de registrar eventos/alarms relacionadas con la calidad de servicio o el intento de fraude, por ejemplo. En muchos casos, no son únicamente sensores pasivos y es muy habitual que dispongan de un relé interno programable de corte con la funcionalidad de:

- Actuar como limitador de potencia, en el caso de que la potencia consumida exceda la potencia contratada en el periodo tarifario en curso.
- Ejecutar los comandos de conexión/desconexión del servicio (es el caso de impagos, por ejemplo).
- Actuar como limitador de potencia en las aplicaciones de gestión de la demanda.

Finalmente, siendo este el punto que extrae el mayor valor a todas las características anteriores, es importante destacar que los *Smart Meters* están dotados de comunicaciones, por lo que toda esta gestión, más allá de la propia lectura de los consumos para facturación, se realiza de manera remota. Mientras que en la funcionalidad de los *Smart Meters* mencionada anteriormente hay cierta homogeneidad, en las comunicaciones asociadas a estos dispositivos existe una amplia diversidad de soluciones y tecnologías, algunas muy de uso «cotidiano» apoyadas en un operador de comunicaciones (GSM, GPRS, etc.), y otras al margen de los operadores de comunicaciones (RF MESH, PLC, etc.). Esta diversidad, configura redes muy distintas, diversos casos de uso que varían por país, y rendimientos muy diferentes. La elección de una u otra opción es un criterio de coste y criticidad en el tiempo requerido para obtener el dato. En países con consumos elevados de electricidad por el cliente doméstico medio, el coste para dotar y conectar los millones de *Smart Meters* a través de los servicios de un operador de comunicaciones queda diluido en el coste de la energía consumida. Sin embargo, en países con un consumo eléctrico bajo para un cliente doméstico medio, estas soluciones han sido sustituidas por otras que reducen el coste real de las comunicaciones, como el PLC o soluciones de radio. Esta disminución del coste suele proporcionar viabilidad a la explotación de las nuevas infraestructuras y al propio proyecto de implantación.

Dado que el *Smart Meter* se convierte en un sensor dentro de la red de distribución eléctrica y un equipo de comunicaciones dentro de una red de comunicaciones, a toda esta infraestructura se la denomina normalmente AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) y al conjunto de procesos que permiten gestionarla AMM (*Advanced Metering Management*). El gestor de la medida, desde sus sistemas centrales, dispone de los sistemas TI para obtener, a través de esta infraestructura AMI, los datos de los *Smart Meters* mediante sistemas de recolección de datos (*Meter Data Collector*). Asimismo, puede ahora poner a disposición del usuario información detallada de sus consumos y, mediante estructuras tarifarias que son programables en los *Smart Meters*, gestionar la demanda trasladando las señales de precio de la energía vs. tiempo

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ↓

Como hemos comentado, el concepto de *Smart City* es muy amplio y abarca otros ámbitos además de la eficiencia energética, pero sin duda, este es uno de sus pilares. Ciudades que han invertido en tecnología y telecomunicaciones para convertirse en una *Smart City*, especialmente en este ámbito, son Boulder y Columbus en Estados Unidos, Masdar en Dubai y Málaga en España.

Entendemos eficiencia energética, de acuerdo a la caracterización del Club Español de la Energía, como la obtención de energía con:

- Menor impacto en el medioambiente y los recursos naturales (menores emisiones de gases efecto invernadero, disminución de las pérdidas de energía/agua).
- Sostenible a largo plazo (garantizar la seguridad de suministro, mantener el progreso y el bienestar social mejorando la competitividad).
- Más barata (menor dependencia de las importaciones, reducción de costes sociales y económicos).

Tratando de traducir esto al entorno de las CIs, (en las ciudades se consume 2/3 de la energía total del planeta, se genera el 80% del CO₂ y el 60% del agua potable se desaprovecha en las redes de distribución), el objetivo de una *Smart City* en cuanto a eficiencia energética está bien definido por la meta: «demostrar cómo es posible conseguir, con el desarrollo de estas tecnologías, un ahorro energético del 20%, así como una reducción de emisiones de más de 6.000 (6)⁶ toneladas de CO₂ al año». Sus ejes de actuación son:

- Autogeneración y almacenamiento de energía de origen renovable (*Smart Generation and Storage*) que garantiza el menor impacto y la sostenibilidad a largo plazo.
- Gestión eficiente del uso final de la energía (*Smart Energy Management*)

Adicionalmente, este objetivo está orientado a informar a la ciudadanía para que tome conciencia y se comprometa con un uso responsable (*Smart and Informed Customer*). La tecnología se convierte pues en la clave de las *Smart Cities*, permitiendo al ciudadano saber con qué servicios puede contar y cómo puede sacar el máximo provecho de ello. Por todo ello, estas tecnologías deben adaptarse a las necesidades de cada país y atender a toda la cadena de valor energética:

- Generación y transporte → Mejora del rendimiento en la generación de electricidad, calor y agua.
- Consumo → Mejora la demanda de los diferentes sectores (*smart buildings*, *smart logistics*, telemetría en automóviles, la monitorización de tráfico en tiempo real para detectar y prevenir atascos informando a los conductores sobre el estado de las vías de circulación, el envío de mensajes de emergencia en caso de accidente, la monitorización de mercancías peligrosas o la monitorización ambiental.)

Algunas tecnologías no están suficientemente maduras para que resulten rentables desde el primer momento, por lo que su comercialización no es capaz de compensar los costes de desarrollo de producto. Cada país tiene que apuntar a desarrollar la tecnología que le permita alcanzar economías de escala que contribuya al desarrollo económico y social.

LA MOVILIDAD ELÉCTRICA ▾

El sector de transporte en España es responsable del 40% del consumo de energía final y de la generación de más de la cuarta parte de las emisiones totales de CO₂. Estas actividades de transporte realizadas en los entornos urbano y periurbano representan el 50% del total de la movilidad de mercancías y personas. A la vista de los anteriores datos, las mejoras en la huella energética y ambiental de este sector representan un gran impacto en la sociedad.

El nuevo impulso que el vehículo eléctrico ha tenido desde hace apenas cinco años supone una oportunidad para:

- Mejorar la calidad ambiental al reducir las emisiones tanto de gases de efecto invernadero como de contaminantes o partículas. El vehículo eléctrico no genera emisiones durante su uso, ni su motor contamina acústicamente.
- Mejorar la eficiencia energética global, teniendo en cuenta el *mix* español de generación eléctrica actual. Los motores eléctricos son más eficientes que los de combustión interna. El rendimiento del pozo a la rueda (*Well to Wheel*) de la tracción con motor de combustión interna no llega al 20%. En el caso del motor eléctrico es próximo al 30%.

El entorno urbano es el escenario natural para el uso del vehículo eléctrico teniendo en cuenta la tecnología de almacenamiento de energía en baterías disponible a corto y medio plazo basada en la química del litio. La propulsión de los vehículos a partir de fuentes de energía de origen renovable y sostenible y el acceso de los usuarios a la información sobre disponibilidad de infraestructuras, estado de los vehículos o información energética son conceptos que forman parte de la visión de una ciudad inteligente.

Adicionalmente, los requisitos de la Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire y su cumplimiento por parte de las ciudades obligan a diseñar actuaciones en las que ha de primar la movilidad limpia, con especial atención al vehículo eléctrico.

Las infraestructuras de recarga son el elemento imprescindible para la adopción de forma masiva de esta nueva movilidad. La disponibilidad de recarga accesible para uso público es un elemento de ayuda para el usuario, pero la utilización del vehículo no puede depender sólo de su existencia. Las infraestructuras vinculadas son las que impulsarán el despliegue de los eléctricos hasta llegar a porcentajes significativos del parque de vehículos. Es preciso fomentar las operaciones de recarga aprovechando los periodos de inmovilización de los vehículos, sin necesidad de altos requisitos de potencia, ya que esto requiere un cierto cambio de mentalidad en los usuarios frente a los hábitos actuales de consumo de combustibles.

En estas infraestructuras la inteligencia es el elemento clave. La medición de la energía, la identificación de los usuarios, el control de la carga, la prestación de servicios que combinen el uso en distintos escenarios y la integración en el vehículo o aplicaciones móviles de información sobre las infraestructuras o procesos de carga son ejemplos de funciones que requieren de mecanismos de procesamiento en los equipos de carga y de comunicación entre usuarios, vehículos e infraestructura. Todo ello ha de lograrse sin penalizar económicamente la adquisición de los vehículos, proporcionando sencillez de uso a los propietarios y garantía de los niveles de seguridad y continuidad del proceso de carga.

Infraestructura no son solamente los puntos de carga en sus distintas modalidades (vía pública, usuario privado, flotas, usos compartidos), sino que éstos han de ser considerados como los elementos de conexión del vehículo a un sistema global de control, gestión y monitorización.

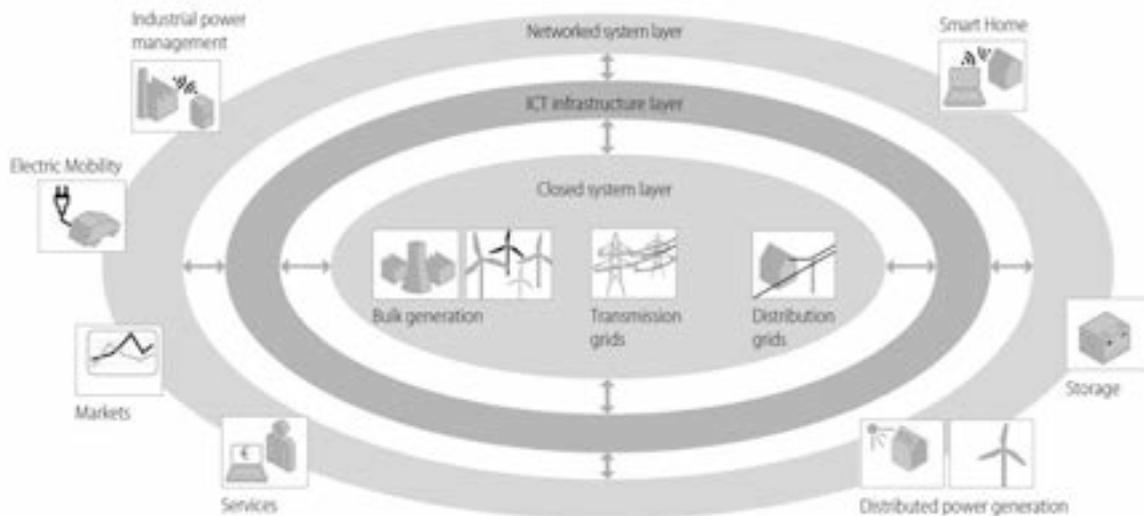
En este contexto, la plataforma global es una pieza fundamental en el desarrollo de las infraestructuras. Además de permitir la gestión del proceso de recarga, da soporte a la implementación de nuevos modelos de negocio emergentes a medida que surgen entre los distintos actores involucrados en el mercado (AAPP, empresas eléctricas, gestores de carga, OEM, medios de pago, propietarios de ubicaciones, gestores de flotas, usuarios de los vehículos).

Las infraestructuras de recarga son una pieza más del concepto de *Smart Grids*. En este caso, se trata del uso móvil de la energía por parte de un consumidor ubicuo. Son la pieza que permite una gestión inteligente de la demanda y una mayor eficiencia del sistema eléctrico mediante la adaptación de la recarga a la generación renovable. En un escenario futuro de centenares de miles o millones de vehículos eléctricos, sólo la inteligencia desplegada desde el primer momento permitirá evitar impactos negativos en las redes (en especial en la distribución urbana) y aprovechar los beneficios que los vehículos pueden proporcionar al sistema eléctrico. El vehículo eléctrico llega por tercera vez y en esta ocasión para quedarse. El desarrollo tecnológico de vehículos e infraestructuras de carga inteligentes, gestionadas y sobre las que proporcionar servicios a los usuarios, permitirá satisfacer las necesidades de los habitantes de las Smart Cities sobre un transporte energéticamente eficiente que mejore su la calidad de vida en las ciudades.

DE CONSUMIDOR A PROSUMIDOR ▾

El diseño de un mercado más abierto es otra de las exigencias a las que puede dar respuesta la tecnología. Es de especial importancia mencionar en este punto la actual emergencia de un nuevo tipo de esquema de consumición de servicios promovido directamente por el uso y consumo tecnológico: la «prosumición». El «prosumidor», concepto acuñado por A. Toffler en su obra «La Tercera Ola» de 1980, nace de

FIGURA 1
COMPONENTES TÉCNICOS, POSICIÓN DE LAS TICs Y SERVICIOS AVANZADOS A DESARROLLAR



FUENTE: APPELRATH, H.J.; KAGERMAN, H. y MAYER, C. (2012).

la fusión de los conceptos «productor» y «consumidor». El «prosumidor» de un producto o servicio, participa activamente en la configuración del producto o servicio que recibe. El esquema de la «prosumición» es común en sectores como la automoción, donde el cliente puede configurar el producto final que adquiere gracias a un manufacturing avanzado y altamente configurable. Con la extensión del IoT y el abaratamiento progresivo de los medios de producción energéticos sostenibles (verdes), el cliente final de los servicios energéticos en las ciudades se constituirá en un *prosumidor* de los mismos.

En cierto grado el *Smart Metering* es una forma de *prosumición*, ya que el cliente proporciona información de su consumo de energía que posteriormente es empleada en la planificación del abastecimiento, sin embargo, el cliente no tomará una real conciencia de nuevo rol hasta el despliegue de los elementos (*In-Home Displays, Smartphones Apps, etc*) que permitan realizar la Gestión Activa de la Demanda que le permitan no sólo conocer sus hábitos y pautas de consumo, sino también comunicar al prestador del servicio su deseo de modificar las condiciones del mismo. Parece así un hecho que el «prosumidor» está llamado a representar el elemento más inteligente de las REIs en las futuras CIs. Estará en el corazón de los nuevos sistemas definiendo un nuevo mercado y teniendo nuevas responsabilidades: como un cotizador/predicador más del precio de la energía, como vendedor de almacenamiento, como productor de energía o como suministrador de otros consumidores.

Dentro del recubrimiento tecnológico (*technological overlay*) que propicia el IoT, el mundo físico y el ciber-espacio están cada vez más relacionados por el significado del término «información», este es el motivo por el que ya es usual referirse a este nuevo mundo

emergente en el que sistemas y prosumidores colaboran como «Infoesfera». Los ciudadanos de nuestras ciudades y en particular las nuevas generaciones están hiper-conectados y demandan información y herramientas que le permitan tomar sus propias decisiones, también en lo relacionado con su consumo energético. Este futuro ciudadano demandará una atención multi-canal, que incluya las vías tradicionales y también los nuevos canales de comunicación, en especial todos los relacionados con las redes sociales ya que, como acertadamente definió T. Berners Lee, el lugar donde más interacción social se va a producir en un futuro cercano, son las Máquinas Sociales (*Social Machines*): Twitter, Facebook, etc.

La gestión de la nueva demanda de estos prosumidores provocará un cambio drástico en la forma en que la industria eléctrica se relaciona con sus clientes y supondrá la aparición de nuevos servicios energéticos que deberán hacer un uso intensivo de las TICs.

Tal vez la forma más sencilla de resumir el rol de las TICs en el escenario en evolución que vivimos sea el de servir de integradoras del sistema cerrado asociado a las REIs con el sistema más amplio conectado a Internet y que viabiliza la aparición de los nuevos servicios que demandan los prosumidores en el contexto de las CIs, (figura 1) (7). La expresión «Internet de la Energía» da nombre a este nuevo concepto donde están interconectadas estas dos esferas de la tecnología que van a cambiar drásticamente la forma en que las redes se planifican, diseñan y operan, creando por otra parte nuevos requerimientos de ciberseguridad que no existían cuando los sistemas se operaban desde infraestructuras cerradas mucho más sencillas de securizar.

Como señala J. Rifkin con acierto, gracias a las REIs en el contexto de las CIs comenzamos a vivir una

época en la que «[...] conseguir que todos los habitantes de la Tierra puedan generar energía verde y compartida gracias al Internet de la Cosas a un coste marginal reducido es el próximo gran objetivo de una civilización que está pasando de un mercado capitalista a un procomún colaborativo» (8).

NOTAS

- [1] Population on 1 January 2014. Eurostat. Dato consultado al 19 de septiembre de 2014.
- [2] EIA: Energy Information Administration. International Energy Statistics, 2007-2011.
- [3] Por ejemplo [R.U.AYRES & E.H.AYRES, 2010].
- [4] Para conocer en profundidad las implicaciones de esta nueva Tercera Revolución Industrial, ver [2013, J.RIFKIN].
- [5] Towards a European Strategic Energy Technology Plan.SET-Plan. Towards a low-carbon future [COM/2006/ 847].
- [6] Para el caso de la Smart City de Málaga.
- [7] Tomado de [2012, H.J.APPELRATH, H.KAGERMANN & C.MAYER], página.24.

BIBLIOGRAFÍA

- R.A.BOBES y M.BRAVO (2010): Cap.5.La Tecnología, en 2010, ENERCLUB].
- ENERCLUB (2010): *Conceptos de Ahorro y Eficiencia Energética: Evolución y Oportunidades, Análisis y Propuestas*. Biblioteca de la Energía. Club Español de la Energía.Instituto Español de la Energía.
- EU (2010): *Towards a European Strategic Energy Technology Plan.SET-Plan. Towards a low-carbon future [COM/2006/847]*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- AYRES, R.U. y E.H.AYRES, H.E. (2010): *Crossing the Energy Divide: Moving from Fossil Fuel Dependence to Clean-Energy Future*, Upper Saddle River, NJ, Wharton School Publishing..
- APPELRATH, H.J.; KAGERMANN, H. y MAYER, C. (2012): *Future Energy Grid. Migration to the Internet of Energy. acatech STUDY*, National Academy of Science and Engineering / EIT ICT Labs / Siemens AG / RWE Deutschland AG, Munich..
- RIFKIN, J. (2011): *La Tercera Revolución Industrial: Cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*. Editorial Paidós: Estado y Sociedad.
- RIFKIN, J. (2014): *La sociedad de coste marginal cero. El Internet de las cosas, el procomún colaborativo y el eclipse del capitalismo*. Editorial Paidós: Estado y Sociedad.