



Cómo ahorrar en la factura eléctrica con el Internet de las Cosas

Guillermo del Campo

Director del Grupo de Eficiencia Energética e Internet de las Cosas (CEDINT),
Universidad Politécnica de Madrid

El consumo mundial de electricidad está en constante crecimiento: el aumento global de 2020 a 2021 fue del 5.5 %, y se ha duplicado con creces desde 1990 ^[1]. Aunque cada día se confía más en las energías renovables, la generación de energía sucia, es decir, la que proviene de combustibles fósiles como petróleo, gas o carbón, sigue contribuyendo de forma crucial a la contaminación global, lo que supone casi el 80 % a nivel mundial en 2022 ^[2]. Para hacer frente al aumento de la demanda energética y acercarse a los objetivos promovidos por el Acuerdo de París de 2015 en la lucha contra el cambio climático, en la COP28 celebrada recientemente en Egipto, la Unión Europea ha anunciado una serie de políticas y medidas para reducir las emisiones de carbono un 57 % para 2030 ^[3].

Por otro lado, el aumento de la demanda energética y la dependencia de los combustibles fósiles, unido al efecto de crisis recientes como la Covid-19 o la guerra de Ucra-

nia, ha supuesto una subida sin precedentes en el precio de la energía, pasando de un coste medio de 55 €/MWh durante la pasada década a más de 290 €/MWh en marzo de 2022 ^[4]. Este precio de la energía se ha traducido en un incremento desorbitado de la factura eléctrica media, llegando a los 143 €/mes en marzo de 2022, lo que supone más del doble que en anualidades anteriores. Aunque el precio de la energía se ha estabilizado a lo largo de los últimos meses, debido a la implementación de medidas como la reducción del IVA de la electricidad o la Excepción Ibérica, que establece un fijo a la electricidad generada mediante gas, el contexto internacional y la volatilidad del mercado energético pronostican unos altos precios de la energía y la factura eléctrica. Sin embargo, como usuarios, podemos llevar a cabo diversas acciones que nos ayuden a minimizar los efectos de estas subidas, y es ahí donde el IoT o Internet de las Cosas se convierte en nuestro gran aliado.

¿Qué es el Internet de las Cosas?

El término IoT, o Internet de las Cosas, originalmente se refiere a la conexión en red de dispositivos y objetos que posibilitan la comunicación remota a través de Internet. Gracias al IoT, cualquier objeto o dispositivo físico es susceptible de conectarse a internet, desde un sensor de calidad del aire, pasando por una lámpara o un frigorífico y llegando hasta la televisión o el cepillo de dientes. En la actualidad, a escala global hay más de 14 000 millones de dispositivos conectados a través de Internet que se distribuyen en diferentes sectores como edificios y ciudades inteligentes o industria 4.0, y se prevé que aumente a 30 000 millones en 2025^[5].

Durante los últimos años el concepto de IoT ha ido evolucionando hasta convertirse en un ecosistema o paradigma que engloba diferentes tecnologías (redes de comunicación, *edge computing*, inteligencia artificial, ciberseguridad, *energy harvesting*, etc.), que posibilitan no solo la conexión de los objetos a Internet, sino también el análisis y extracción de información de valor y la gestión automatizada de los dispositivos, lo cual aumenta la eficiencia de los sistemas.

La arquitectura general de una solución IoT, como la que se presenta en la Figura 1, se compone típicamente de: sensores y actuadores, red IoT, plataforma de gestión, aplicaciones y servicios, interfaces de usuario.

Sensores y actuadores: Son los interfaces con el objeto físico del mundo real. Los sensores se encargan de recoger y enviar información, como puede ser la temperatura de una estancia o si está encendido un electrodoméstico. Los

Hay más de 14 000 millones de dispositivos conectados a través de Internet que se distribuyen en diferentes sectores como edificios y ciudades inteligentes o industria

actuadores responden a una señal o comando y ejecutan una acción, como puede ser subir la temperatura de un aparato de aire acondicionado o apagar un televisor.

Redes IoT: Son los elementos que posibilitan la comunicación entre dispositivos y de los sensores y actuadores con Internet. Aparte de los nodos IoT, esta capa la forman otros elementos que garantizan la comunicación fluida, como son los nodos repetidores y los *gateways* o pasarelas, que son la puerta de enlace con Internet. Existen diferentes topologías de red (malla, estrella, árbol) y tecnologías o protocolos de comunicación (LoRa, 6LoWPAN, NB-IoT, BLE) y su selección dependerá de los requisitos de la aplicación final.

Plataforma de gestión: Una vez que los datos llegan a Internet, se envían a una plataforma de gestión. Esta plataforma puede ser local o estar situada en la nube, que es un ecosistema de computación y almacenamiento de alto rendimiento. La plataforma IoT tiene la misión de filtrar, gestionar y almacenar los datos. Además, esta plataforma implementa unos *APIs* o interfaces de programación para la integración de aplicaciones e interfaces de usuario.

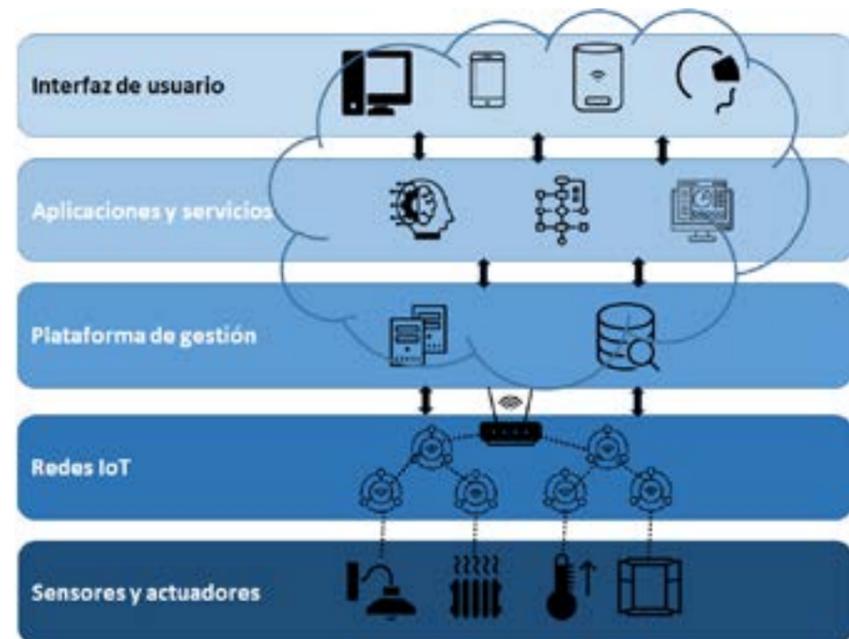


Figura 1. Arquitectura de soluciones IoT para el hogar (CEDINT-UPM)



Aplicaciones y servicios: Herramientas que facilitan el análisis de los datos para extraer información de valor, la gestión automática de los sistemas o la ayuda a la toma de decisiones. Pueden abarcar desde técnicas de aprendizaje automático para la detección de patrones de consumo hasta algoritmos de inteligencia artificial para automatizar la climatización de un edificio.

Interfaces de usuario: Son los soportes físicos a través de los cuales el usuario puede consultar los datos de los sensores, controlar los actuadores y gestionar las aplicaciones y servicios. Esta interacción puede realizarse mediante dispositivos tradicionales como ordenador, *smartphone* y tableta, o interfaces naturales como los asistentes de voz y cascos de realidad virtual o aumentada.

Soluciones IoT para reducir la factura eléctrica

Existen múltiples aplicaciones del IoT en el ámbito residencial que facilitan la vida de los seres humanos. Desde *wearables* o sensores para monitorizar la actividad física hasta las aplicaciones de tele-asistencia, pasando por los sistemas de alarmas de las viviendas que se conectan a la red para avisarte cuando alguien entra en tu

Los hogares con dispositivos inteligentes pasarán del 13 % actual a más del 21 % en 2025

casa o aquellos dispositivos que permiten encender la calefacción desde un teléfono móvil, existe un amplio abanico de soluciones que poco a poco van convirtiendo al IoT en un elemento más del hogar.



La conexión de electrodomésticos mediante controladores IoT programa su funcionamiento cuando el coste de la electricidad es más bajo

Si nos centramos en los elementos de la vivienda que tienen un efecto directo sobre la factura de la luz, el IoT se puede utilizar para monitorizar diferentes parámetros ambientales (luminosidad, temperatura, humedad, presencia, calidad del aire), o gestionar el funcionamiento de los sistemas (iluminación, climatización, ventilación) y aparatos eléctricos (frigorífico, lavadora, televisor) presentes en el hogar (ver figura 2).

La forma en que operamos y mantenemos nuestras viviendas puede ser una enorme fuente de ineficiencia energética. Existen diversas estrategias que, a través de las soluciones IoT, nos pueden ayudar a reducir el consumo energético y, por consiguiente, la factura eléctrica.



Figura 2. El IoT habilita la monitorización de diferentes parámetros y como la temperatura de una habitación o el consumo de energía en un periodo de tiempo determinado, y el control sobre sistemas como la iluminación o calefacción y dispositivos como el televisor (Fuente: CEDINT-UPM).

La información es poder

Lo primero que debemos hacer es analizar el comportamiento energético de la vivienda, para identificar las áreas de mejora. Por un lado, mediante la instalación de *smart-meters* (medidores inteligentes) y enchufes inteligentes, podemos obtener información detallada acerca del consumo de cada uno de los sistemas (climatización, iluminación), electrodomésticos (frigorífico, lavadora) y estancias (cocina, salón, dormitorios) del hogar. Con el análisis de estos datos podemos:

- Identificar cuáles son los sistemas, electrodomésticos y estancias con mayor consumo, a los que daremos prioridad.
- Comprobar si podemos reducir la potencia contratada. Si no se alcanzan picos de consumo cercanos a la potencia contratada, podemos bajar al tramo inferior, ahorrando un mínimo de 25 euros anuales.
- Detectar si hay algún sistema, electrodoméstico o estancia con un consumo inusualmente elevado, lo que puede ser sinónimo de un funcionamiento defectuoso o un aislamiento deficiente. Sustituir los electrodomésticos antiguos más comunes en una vivienda (frigorífico, lavadora, secadora, lavavajillas y horno) por sus equivalentes en 'clase A' puede suponer un ahorro de hasta 500 euros al año.
- Detectar patrones de consumo y mejorar los hábitos de uso energético, como no encender la luz cuando hay suficiente iluminación exterior o hacer un uso adecuado del aire acondicionado en verano (25 °C) y la calefacción en invierno (21 °C).

Confort optimizado

Otra forma de reducir el consumo y ahorrar en la factura eléctrica, mejorando a su vez las condiciones de confort, es la automatización de los sistemas que regulan las condiciones ambientales en el hogar: climatización e iluminación. Mediante la instalación de sensores de luminosidad junto con controladores de lámparas y persianas, podemos regular de forma automática la iluminación en cada estancia en función de la entrada de luz natural. Esta automatización ligada a la sustitución de las bombillas tradicionales por iluminación LED puede contribuir a reducir el consumo hasta un 10 %.

Por otro lado, la instalación de termostatos inteligentes para controlar el funcionamiento de los aparatos de aire acondicionado, radiadores o suelo radiante, puede supo-

Múltiples aplicaciones del IoT facilitan la vida, desde wearables o sensores para monitorizar la actividad física hasta las aplicaciones de tele-asistencia

ner un ahorro de más del 15 % en la factura eléctrica. Estas soluciones regulan de forma automática el funcionamiento de los sistemas para mantener la temperatura deseada, optimizando los consumos en función de la temperatura exterior. Además, permiten la conexión remota, y generar avisos y alertas. Así, por ejemplo, podemos apagar desde el trabajo una luz que nos hemos dejado encendida al salir de casa o programar la calefacción para que cuando llegemos esté a la temperatura deseada.

Adiós al 'standby' o consumo fantasma

El consumo fantasma o en 'standby' es el que realiza cualquier aparato eléctrico o electrodoméstico que no está en funcionamiento, pero sigue conectado a la red eléctrica, a la espera de ser utilizado. Según el IDAE, este gasto supone el 10 % de la factura eléctrica, que



Figura 3. Diversos elementos de una solución IoT (CEDINT-UPM)

podemos reducir mediante la instalación de enchufes y regletas inteligentes. Además, estos dispositivos permiten el encendido/apagado de los aparatos que están conectados, lo que posibilita su monitorización y control desde otras ubicaciones, así como su participación en la gestión automática del hogar.



La automatización de los sistemas que regulan las condiciones ambientales en el hogar reduce el consumo

Adaptar el consumo al precio de la luz

La conexión de los sistemas y electrodomésticos mediante controladores IoT habilita programar su funcionamiento cuando el coste de la electricidad sea más bajo. Así, por ejemplo, podemos reservar el encendido de electrodomésticos como la lavadora, secadora o lavavajillas a las horas que tienen un precio más reducido. Para las viviendas con una tarifa por discriminación horaria ayuda a no tener que estar pendiente de las franjas de menor coste. Esta medida resulta especialmente interesante para los usuarios con la tarifa de luz por horas, estableciendo 24 precios diferentes que se definen la noche anterior.

Aprovechar la energía que generamos

La tecnología solar fotovoltaica ha cobrado mucha importancia por su gran disponibilidad, bajo coste y rápida instalación. De hecho, en España las nuevas instalaciones de autoconsumo se duplicaron en 2021. Sin embargo, gran parte de la energía que se genera (por el día) no se corresponde con las horas de mayor consumo en las viviendas (por la noche). Mediante la instalación

de medidores de generación eléctrica y su integración con el resto de componentes IoT del hogar, podemos optimizar la gestión de los consumos adaptándolos a las horas de mayor generación.

El futuro

La implementación de soluciones IoT para reducir el consumo en el hogar está en continuo crecimiento. Se calcula que, a escala global, los hogares con dispositivos inteligentes pasarán del 13 % actual a más del 21 % en 2025 [6]. Para aumentar el nivel de penetración de las soluciones IoT en el hogar, además de la reducción de su precio, es necesario hacer frente a los siguientes desafíos técnicos:

– Interoperabilidad

Cada dispositivo, plataforma, aplicación o solución IoT utiliza diferentes protocolos de comunicación y modelos de intercambio de datos, lo que crea una enorme heterogeneidad. Es necesario que entre todos estos componentes se pueda operar de manera eficiente y sin elementos adicionales. Por ello, a la

hora de adquirir cualquier dispositivo o solución IoT es recomendable fijarse en si están certificados con algún protocolo estándar de interoperabilidad como Matter [7].

– Seguridad

El crecimiento del número de aparatos, sistemas y dispositivos conectados a Internet expone a las viviendas y a sus usuarios a riesgos de seguridad, ya que la información se controla y es accesible a distancia a través de Internet. Por ejemplo, un cibercriminal puede acceder a los datos de los sensores y detectar las actividades del usuario, prediciendo cuándo la vivienda va a estar desocupada. Por otro lado, un usuario malintencionado podría controlar los dispositivos del hogar de forma remota y utilizarlos para crear comportamientos no deseados. Por consiguiente, las soluciones IoT deben incorporar los mecanismos de seguridad necesarios para garantizar el máximo nivel de protección, y debe hacerse en todos los niveles de la arquitectura IoT.

– Privacidad de los datos

Los datos recogidos por los sensores pueden consistir en información personal sensible dependiendo de su naturaleza y del tipo de aplicación. Por lo tanto, la información privada de los usuarios debe estar protegida

Los medidores y enchufes inteligentes ofrecen información del consumo de climatización, iluminación y electrodomésticos del hogar

en los sensores y dispositivos, durante los procesos de comunicación y en su procesamiento por parte de las aplicaciones y servicios. Así, éstas, tienen que integrar diferentes técnicas de anonimización como el cifrado o aleatorización de los elementos de identificación.

– Accesibilidad universal

La mayoría de las soluciones IoT para el hogar utilizan el *smartphone*, ordenador o tableta como interfaz de usuario, lo que puede resultar complejo para personas con menos habilidades tecnológicas, personas mayores o personas con limitaciones visuales. Por ello, es necesaria la integración de estas soluciones con interfaces accesibles como los asistentes de voz, como por ejemplo *Home (Google)* o *Alexa (Amazon)*. Para conectar dispositivos no compatibles de fábrica es necesario configurar tanto el asistente virtual como la plataforma de gestión del hogar, mediante la implementación de interfaces y comandos de voz [8].

Referencias

- World Power Consumption/Electricity Consumption/Enerdata. Accesible online: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>
- World Energy Outlook 2022 shows the global energy crisis can be a historic turning point towards a cleaner and more secure future. Accesible online: <https://www.iea.org/news/world-energy-outlook-2022-shows-the-global-energy-crisis-can-be-a-historic-turning-point-towards-a-cleaner-and-more-secure-future>
- 'Not backtracking': EU climate chief announces updated emissions goal at COP27. Accesible online: <https://www.euronews.com/green/2022/11/15/not-backtracking-eu-climate-chief-announces-updated-emissions-goal-at-cop27>
- Precio medio final anual de la electricidad en España de 2010 a 2022. Accesible online: <https://es.statista.com/estadisticas/993787/precio-medio-final-de-la-electricidad-en-espana/>
- State of IoT 2022: Number of connected IoT devices growing 18% to 14.4 billion globally. Accesible online: <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>
- Tasa de penetración de los hogares inteligentes (smart homes) a nivel mundial de 2017 a 2025. Accesible online: <https://es.statista.com/estadisticas/1166176/tasa-de-penetracion-de-los-smart-homes-en-el-mundo/>
- Protocolo Matter. Accesible online: <https://csa-iot.org/all-solutions/matter/>
- C. Jimenez, E. Saavedra, G. del Campo and A. Santamaria, "Alexa-Based Voice Assistant for Smart Home Applications," in IEEE Potentials, vol. 40, no. 4, pp. 31-38, July-Aug. 2021, doi: 10.1109/MPOT.2020.3002526.



La conexión de los sistemas y electrodomésticos mediante controladores IoT habilita programar su funcionamiento cuando el coste de la electricidad es más bajo