

MOOC IOT

Módulo 4. IOT Y DOMÓTICA

4.1 DOMÓTICA Y LA REVOLUCIÓN DEL IOT

Por Francisco Gómez

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Universidad de Granada.

1. Introducción

Este módulo trata de dar una visión general de la domótica y de su relación con Internet de las Cosas (IoT). En esta primera unidad definiremos el concepto de domótica, hablaremos sobre los actores implicados en ella, detallando sus objetivos y algunos aspectos socioeconómicos relevantes, para finalmente tratar la revolución que ha supuesto el IoT para la domótica en los últimos años, y la correspondiente importancia que supone la domótica como parte del mercado del IoT.

En la Unidad 2 se analizan los distintos subsistemas e instalaciones de la vivienda que son objeto de domotización y los dispositivos necesarios para ello, así como las interfaces entre las personas y el sistema domótico que permiten controlarlo.

En la Unidad 3 se describen aspectos particulares de los sistemas de comunicación de la viviendas (redes de are doméstica), incidiendo principalmente en las redes de control domótico y tratando con cierto detalle los sistemas y estándares de comunicación más relevantes utilizados en domótica.

Finalmente, en la Unidad 4 se mostrarán aspectos prácticos sobre la realización de proyectos de domotización de viviendas, y como ejemplo se describirá parte de una instalación domótica real que incluye distintas formas de interconexión de los dispositivos a Internet.

2. Qué es la domótica.

El término domótica viene de la unión de las palabras *domus*, que significa casa en latín, y automática, del griego αὐτόνομος que podemos traducir como "que se gobierna a sí mismo" [1]. La RAE define la domótica como el conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda. Según la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DOMÓTICA E INMÓTICA (CEDOM) [2] "la domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema".

Otro concepto íntimamente relacionado con la domótica es la inmótica, que hace referencia a la automatización de edificios (el término inmótica se construye a partir de la partícula *inmo*, edificio en latín). La asociación CEDOM da una definición para la inmótica similar a la de la domótica pero









refiriéndose a edificios no destinados a vivienda, como hoteles, centros comerciales, escuelas, universidades, hospitales y todos los edificios terciarios.

Es usual utilizar otros términos sinónimos o de significado muy parecido para referirse a la domótica. En inglés además de *domotics* se suele usar *home automation* (automatización del hogar) o *home systems* (sistemas domésticos). A una vivienda que está automatizada o "domotizada" la llamamos también hogar digital (*digital house*) o casa inteligente (*smart home o smart house*).



Figura 1: Control de dispositivos inteligentes en un hogar desde una tableta digital. Fuente: http://dacom.digital/wp-content/uploads/2019/06/Empresa-Instaladora-Domotica-en-Granada-1024x690.png

3. Principales actores en domótica

A la hora de abordar proyectos de domótica es importante tener en cuenta todos los actores implicados que intervienen de alguna forma, directa o indirectamente, en la realización de un proyecto de domótica:

- Administraciones públicas, que establecen las normativas e impulsan la domótica con estrategias de ahorro energético y menor emisión de contaminantes y de impulso del desarrollo tecnológico y fomento del I+D. Además pueden liderar el cambio hacia la sociedad de la información introduciendo la domótica en edificios públicos.
- Agentes relacionados con la construcción y venta de la vivienda, como los promotores inmobiliarios, los constructores y los prescriptores (arquitectos, ingenieros, decoradores,









- etc.), para los que la domótica puede suponer un valor añadido que incentive la venta y mejore su imagen al ofrecer diferenciación de la competencia.
- Agentes implicados en la fabricación e instalación del sistema domótico, como los
 desarrolladores y fabricantes de equipos, los integradores especialistas en domótica que
 ofrecen las distintas soluciones de mercado y que también deben conocer las instalaciones e
 infraestructuras de las viviendas, los instaladores de los sistemas domóticos que deben
 coordinarse con el resto de instaladores como fontaneros, calefactores, electricistas o
 instaladores de persianas, las empresas de suministros básicos como las proveedoras de
 Servicios de Telecomunicaciones, y las empresas de seguridad.
- Usuarios de la vivienda. El objetivo debe ser que mediante la Domótica se mejore la calidad de vida de los usuarios aprovechando las prestaciones que ofrece la tecnología para optimizar el ahorro energético, incrementar el confort o aumentar la seguridad. En la siguiente sección discutimos con más detalle esos objetivos.

4. Objetivos de la domótica

La domótica pretende satisfacer diversos objetivos referidos a **mejoras arquitectónicas**, al aumento del **confort** y de la **seguridad** de las personas usuarias de las viviendas, al **ahorro energético** motivado tanto por razones ambientales como económicas, a satisfacer las necesidades de **ocio** y **comunicaciones**, y a la mejora de la **accesibilidad** incluyendo los servicios de teleasistencia.

Desde el punto de vista de las mejoras arquitectónico, aunque pueda suponer un aumento del coste inicial de la vivienda con la domótica se gana en modularidad y flexibilidad de las instalaciones que resultan menos rígidas y se facilita la integración de servicios y la automatización de las instalaciones.

En general el objetivo más inmediato para el usuario es el incremento de la seguridad personal y patrimonial. La seguridad puede mejorarse con sistemas que protejan contra intrusismo, pero también contra accidentes y situaciones de peligro que puedan derivarse de fallos o incidencias producidas en alguno de los sistemas de la vivienda, como incendios o escapes de agua o de gas. Además, los sistemas de seguridad de la vivienda pueden estar conectados a empresas de seguridad con vigilancia permanente, o enviar alarmas a los usuarios a través de teléfono o de internet, incrementándose de esta forma el nivel de seguridad ofrecido.

En cuanto al confort, por un lado la domótica facilita el uso de los dispositivos mediante interfaces inteligentes que integran el control de todos los sistemas, como aplicaciones móviles para el control remoto de los dispositivos, altavoces inteligentes que permiten el control por voz a través de asistentes virtuales, o mediante interacción ubicua con la que el sistema puede conocer de forma automática las necesidades del usuario y actuar en consecuencia. Por otro lado, la domótica permite mantener de forma automatizada un ambiente confortable en la vivienda, controlando automáticamente los sistemas de climatización, iluminación, persianas y toldos para que la temperatura, la humedad, la luminosidad y la calidad del aire sean las idóneas en cada momento, creando de esta forma edificios y viviendas más saludables. Por último las automatizaciones descargan al usuario de determinadas tareas, como el riego, el encendido y apagado de luces o el







control de persianas y toldos, contribuyendo así a su bienestar. En cualquier caso es conveniente, si no necesario, mantener siempre el control manual de los elementos e instalaciones de la vivienda.

El ahorro energético es otro de los objetivos principales de la domótica, y como ya hemos mencionado la gestión energética automatizada de la vivienda se justifica por razones ambientales y económicas: por un lado el ahorro energético supone una menor aportación de gases y partículas contaminantes a la atmósfera y en general mayor cuidado medioambiental, y por otro lado supone la reducción de los costes de energía, operación y mantenimiento, y el incremento de la vida útil del edificio.

La importancia de una gestión eficiente de la energía podemos cuantificarla si analizamos el gasto relativo que se realiza en las viviendas. El sector residencial en España representó el 17% del consumo total en 2019, y ese porcentaje se mantuvo relativamente estable entre 2009 y 2019 [2]. Se encuentra por lo tanto entre los primeros consumidores de energía.

En 2018, el 42% de la energía consumida por los edificios residenciales se utilizó para calefacción de espacios, seguida de los electrodomésticos y el calentamiento de agua, que fueron responsables de alrededor del 26% y 17% del consumo total de energía residencial, respectivamente (Figura 2).

El consumo de energía para espacios residenciales y calentamiento de agua ha ido disminuyendo durante la última década, mientras que los electrodomésticos aumentaron su consumo en casi un 60% entre 2008 y 2018. Tanto en términos per cápita como por vivienda, la intensidad energética del sector residencial en España es menor que el promedio de la IEA [2].

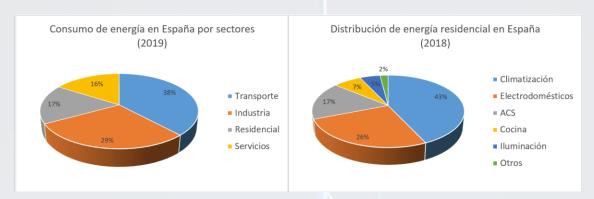


Figura 2: Consumo de energía

La existencia de una infraestructura de comunicaciones adecuada en los hogares, estructurada en torno a una red local conectada a internet, es la base para el desarrollo del resto de las áreas de un Hogar Digital. Entre los servicios que pueden disfrutarse en un Hogar Digital en el ámbito de las comunicaciones se podrían citar, entre otros, el acceso compartido a Internet desde los distintos equipos conectados a la red doméstica, el teletrabajo, la teleducación, la tele compra o la videoconferencia [3]. En cuanto al entretenimiento y ocio, podemos mencionar los videojuegos y la difusión, almacenamiento, y reproducción de contenido multimedia: audio y vídeo, Smart TV, Home Cinema, distribución de música a las distintas habitaciones, vídeo bajo demanda.









Entre los objetivos de la domótica también es necesario tener en cuenta los que cubran las necesidades de todos los posibles usuarios, incluyendo las personas con diferentes capacidades o discapacidades, es decir, aquellos que favorezcan un diseño accesible para la diversidad humana: acceso para todos. En este sentido la domótica debe ser considerada como una herramienta de primera necesidad y no como un lujo inalcanzable, porque le permite a las personas, independientemente de su condición de enfermedad, discapacidad o envejecimiento, el control integral de los diferentes elementos de la vivienda que precisan para su vida diaria [5].

Finalmente podemos establecer también algunos objetivos generales o características deseables para cualquier sistema tecnológico, y en particular para un sistema domótico, tales como que sea fácil de utilizar, fácil de instalar incluso en edificios existentes, que integre todos los subsistemas, con posibilidad de ampliaciones, modificaciones y nuevos servicios, y que sea fiable y fácil de mantener.

5. Aspectos socioeconómicos relevantes

Hay una serie de factores socioeconómicos que influirán en la evolución del mercado de la domótica y que conviene tratar, entre los que se encuentran factores poblacionales, la evolución y los tipos de hogares y la percepción social del hogar digital [3].

Uno de los factores poblacionales más relevantes es el envejecimiento poblacional, que supone un incremento importante del número de personas que pasan más tiempo en el hogar y que tienen mayor disposición y necesidad de demanda de servicios que mejoren su calidad de vida. Otro factor a considerar es el retraso en la edad de emancipación de los jóvenes, hecho que favorece la implantación de nuevas tecnologías en la vivienda facilitando su adopción por parte de las generaciones de mayores. Y no menos importante es el hecho de la incorporación de la mujer al mercado laboral, que supone un aumento de las necesidades de tecnologías que faciliten las tareas y el mantenimiento del hogar.

En cuanto a los tipos de hogares, cada usuario tiene unas necesidades y una forma de vida distinta (jóvenes solos, ancianos, parejas jóvenes, personas con discapacidad, familia con hijos, etc.), por lo que su visión del hogar será diferente, por ejemplo podemos pensar en la vivienda como espacio de interacción y socialización, o donde nos sentimos cómodos y seguros, o destinada vivienda al ocio en vacaciones como segunda. Además los hogares no permanecen estáticos a lo largo del tiempo sino que pasan por distintas etapas a lo largo del tiempo, siguiendo normalmente un ciclo familiar desde una primera individual, pasando por la creación de la pareja, la expansión de la familia y posterior contracción de la misma cuando los hijos abandonan el hogar.

Por último, es necesario señalar la imagen social errónea que se tiene del hogar digital, ya que existe un desconocimiento generalizado de las instalaciones de la vivienda y de lo que puede aportar la domótica, siendo comunes las ideas asociadas a la ciencia ficción tales como que la vivienda domotizada se asemeja a una jaula de oro, o la idea de que los sistemas domóticos son caros, poco útiles y difíciles de utilizar y mantener.









6. El modelo de IoT para domótica

En el hogar encontramos una gran parte de las cosas que utilizamos y que por lo tanto podemos pensar en conectar a internet: luces, electrodomésticos, mandos de control, detectores de presencia, persianas y toldos, ventanas, puertas, videoporteros, cronotermostatos, calderas de calefacción, válvulas de riego, y un largo etc.



Figura 3: Domótica e IoT (Fuente: casadomo.com)

Aunque durante décadas se han realizado muchas instalaciones domóticas, no ha sido hasta la llegada del IoT en los últimos años, de la mano de las nuevas tecnologías de comunicación, cuando la domótica ha sufrido una revolución tan espectacular que en la actualidad podemos decir que su implantación, con mayor o menor nivel de domotización, está prácticamente generalizada en todo el mundo desarrollado o en vías de desarrollo.

Este desarrollo se puede observar en los datos de evolución del IoT y del mercado de la domótica. *IoT Analytics* analizaba en 2015 cuáles eran las aplicaciones de IoT con mayor popularidad en ese momento en el mundo [3], y el análisis mostraba que la domótica destacaba claramente clasificándose como la aplicación de IoT con puntuación más alta en todos los canales medidos.









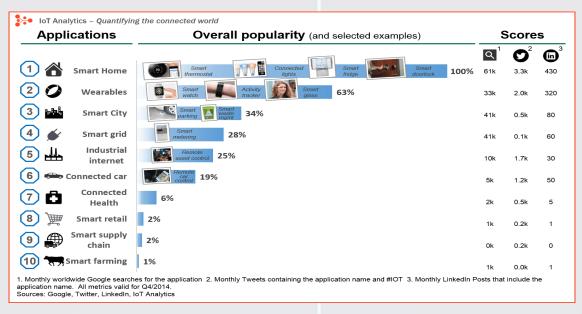


Figura 4: Cuantificando el mundo conectado. Fuente: IoT Analytics [3].

El gran incremento del mercado de la domótica en estos años no se podría explicar sin las implicaciones que ha tenido el IoT en cuanto a la posibilidad de integración de dispositivos y sistemas heterogéneos, la unificación de las interfaces con aplicaciones móviles y el control por voz con asistentes virtuales, y la evolución y estandarización de las comunicaciones hacia tecnologías y protocolos de Internet. En la Figura , que muestra la evolución del sector de la Domótica y la Inmótica en los últimos años (2012-2019) en España [3], se aprecia ese fuerte incremento que está teniendo el sector en nuestro país.



Figura 5: Evolución del sector de la Domótica (Fuente: CEDOM)









Para entender mejor la importancia de esa relación entre la domótica y el IoT, mostramos a continuación distintos modelos de conexión entre dispositivos domóticos y de los dispositivos con internet:

• *Sin conexión*. Electrodomésticos no conectados como una lavadora, un frigorífico o una cafetera, y otros automatismos simples.

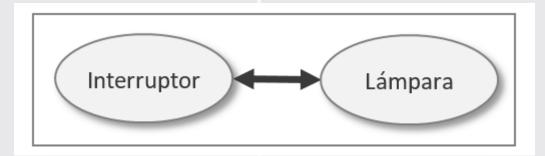


Figura 6: Dispositivos sin conexión

Conectados internamente entre sí pero sin conexión a internet. Cooperación entre
dispositivos que ofrece gran valor añadido: posibilidad de automatizaciones dependientes de
varios dispositivos, control de cargas, simplificación del cableado entre sensores y actuadores
y posibilidad de interfaces centralizadas. Es complicado interconectar sistemas
heterogéneos, y aunque podemos realizar control mediante móvil o por voz, siempre desde
el interior de la propia vivienda, los sistemas compatibles son pocos y limitados.

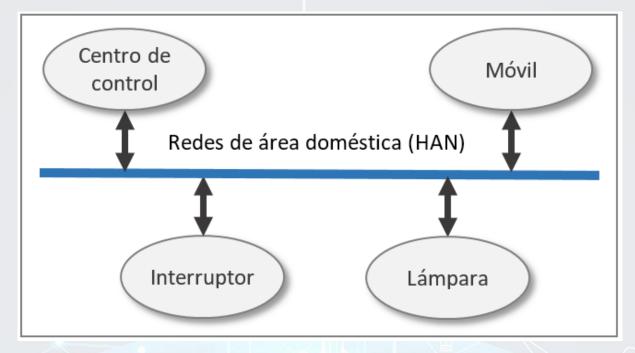


Figura 7: Dispositivos conectados entre sí, pero sin conexión a internet







Conectados a internet. La conexión a internet facilita la supervisión (control, monitorización, automatización y análisis de datos) desde el exterior de la vivienda, permite el uso de herramientas y otros recursos en la nube, y facilita la interoperabilidad entre dispositivos y el uso de teléfonos móviles y asistentes de voz como interfaces para controlar remotamente el sistema.

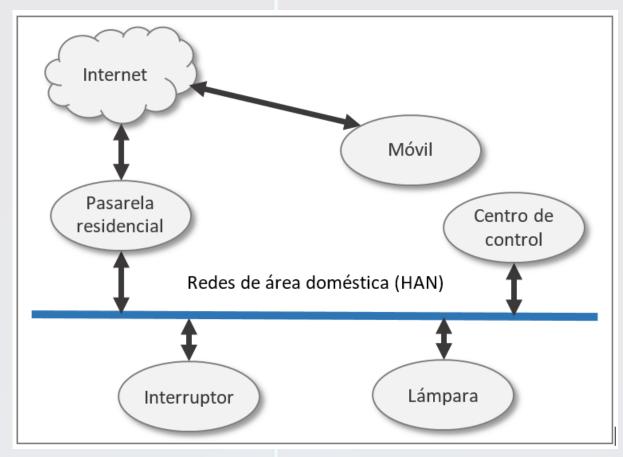


Figura 8: Dispositivos conectados a internet (IoT)

La comunicación con internet se puede realizar a través de la conexión de banda ancha de la vivienda o conectando directamente los dispositivos a internet. La primera es la forma usual de conectar los dispositivos domóticos a internet, puesto que normalmente las viviendas ya disponen de una conexión de banda ancha, por ejemplo ADSL, fibra óptica o radio WiMax, que puede ser usada con esa finalidad.

Para la conexión directa de los dispositivos a internet podemos utilizar comunicaciones LPWAN de baja velocidad y bajo consumo, ya sean licenciadas (NB-IoT o LTE-M) o no licenciadas, de uso libre como LoRaWAN o propietarias como Sigfox. Normalmente las comunicaciones LPWAN solo se usan en caso de no disponer de una conexión de banda ancha, por ejemplo en segundas residencias.







En una misma vivienda pueden coexistir dispositivos con distintas formas de conexión. Por ejemplo podemos tener un control de luz en una terraza con interruptor crepuscular, sensores de temperatura y controles de calefacción interconectados a través de una red de control no conectada a internet, y una lámpara regulable conectada a través de nuestro punto de acceso WiFi controlable con una aplicación móvil desde internet.

7. Conclusiones

A lo largo de esta unidad hemos comprobado la importancia de la domótica, entendida como el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda para permitir una gestión eficiente del uso de la energía y aportar seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema, analizando los actores implicados en ella, tanto los agentes responsables de su desarrollo e implantación como los usuarios beneficiarios de los objetivos de la domotización. También hemos tratado su relación con el IoT, tanto lo que concierne a la revolución que ha supuesto el IoT para la domótica en los últimos años, como la importancia que supone la domótica como parte del IoT.

8. Bibliografía

- [1] WikipediA, «Domótica,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica.
- [2] CEDOM, «ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DOMÓTICA E INMÓTICA,» [En línea]. Available: http://www.cedom.es/es.
- [3] International Energy Agency, «iea,» [En línea]. Available: 2021. [Último acceso: 2021].
- [4] Telefónica de España, Libro Blanco del Hogar Digital y las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, 2003.
- [5] MinusVal, «Domótica y accesibilidad,» 8 8 2006. [En línea]. Available: https://sid.usal.es/idocs/F8/8.2.1.2-139/158/158dossier.pdf. [Último acceso: 15 12 2021].
- [6] J. M. M. (. TORREBLANCA, Domótica para ingenieros, Madrid: Paraninfo, 2015.
- [7] K. L. Lueth, «The 10 most popular Internet of Things applications right now,» 2 Febrero 2015. [En línea]. Available: https://iot-analytics.com/10-internet-of-things-applications/.
- [8] CEDOM, «Estudio de mercado, Sector de la Domótica y la Inmótica, Año 2019,» noviembre 2020. [En línea]. Available: http://www.cedom.es/sobre-domotica/publicaciones/cedom-estudio-de-mercado-2019/download/estudio-de-mercado-2019-pdf. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [9] WikiPedia, «Domótica,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica.







Módulo 4. IOT Y DOMÓTICA

4.2 INSTALACIONES Y DISPOSITIVOS DOMÓTICOS IOT

Por Francisco Gómez Mulas

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Universidad de Granada.

1. Introducción

En esta unidad vamos a analizar los distintos subsistemas que forman parte de la vivienda y que son objeto de control y automatización por parte de la domótica, así como los dispositivos y las interfaces que permiten a los usuarios interaccionar con el sistema domótico y con los elementos de la vivienda que se controlan. A lo largo de la unidad veremos algunas estrategias de automatización para la optimización energética y del confort, y tendremos en cuenta particularidades de la domótica accesible.

1.1 Sistemas a gestionar

Coincidiendo en parte con los objetivos planteados en la Unidad 1, los productos y sistemas relacionados con el Hogar Digital pueden ser agrupados en las siguientes áreas [1]:

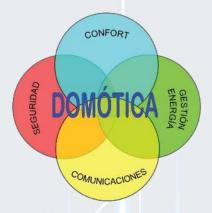


Figura 1: Sistemas a gestionar por la domótica. Fuente: CEDOM

- **Gestión de energía** (ahorro Energético): gestión eficiente de los sistemas y elementos del hogar que consumen energía.
- Seguridad: protección tanto de los bienes patrimoniales como de los personales.
- Confort: sistemas y automatizaciones que se puedan llevar a cabo que mejoren el confort en una vivienda.
- Comunicaciones: son los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el hogar.







- **Entretenimiento y ocio** (multimedia): hace referencia a todos los sistemas o infraestructuras que posee el hogar en materia de ocio.
- Accesibilidad: incluye los sistemas domóticos que favorecen la autonomía de personas con limitaciones funcionales o discapacidad.

No son subsistemas cerrados, cada elemento de nuestra instalación puede tener implicaciones en distintas áreas, por ejemplo el sistema de calefacción tiene como objetivo aportar confortabilidad para el usuario, pero es fundamental su optimización energética puesto que es responsable de gran parte del consumo de la vivienda. En lo que sigue analizaremos los elementos y sistemas más importantes de la vivienda, incidiendo en la perspectiva que ofrecen las distintas áreas mencionadas.

2. Gestión de energía

La gestión de energía consiste en realizar un control automatizado que optimice de forma eficiente el consumo de energía de los sistemas y elementos del hogar manteniendo el compromiso de confort y seguridad necesarios.

Las áreas más importantes que se deben gestionar desde esta perspectiva son la climatización, el agua caliente sanitaria (ACS), la iluminación, los electrodomésticos, el control de persianas y toldos, y el riego de plantas y jardines.

Mediante la domótica podemos optimizar el consumo de energía en el hogar adoptando en cada una de las áreas las estrategias de automatización adecuadas. Así, para la climatización usaremos consignas, temporizaciones, control por presencia, zonificación y control de persianas, para el agua caliente sanitaria utilizaremos control de temperatura, monitorización del consumo y detección de fugas y paneles solares térmicos combinados, y para la iluminación, uso de luminarias led, regulación y control en función de la luz natural, por temporizaciones, por presencia, escenas de iluminación y control de zonas de paso.

También se puede optimizar mediante la monitorización de consumos a través de telelectura de contadores de agua, electricidad o gas. La lectura de consumos eléctricos, unida al control de equipos domésticos, permite racionalizar el gasto dando prioridad a determinadas cargas eléctricas para disminuir cortes en limitadores y optimizar la gestión de tarifas eléctricas reducidas o por tramos, posibilitando además la reducción de la potencia contratada.









En Europa existe una normativa de eficiencia energética para edificios (EN 15232) que establece métodos de cálculo de las mejoras de la eficiencia energética mediante la aplicación de sistemas integrados de domótica.



Figura 2: Clase energética del sistema de control, EN15232. Fuente: CEDOM

3. Climatización

La climatización persigue la consecución del bienestar térmico en la vivienda, optimizando el consumo energético necesario para ello. Esto se consigue adecuando la temperatura, la humedad y la calidad del aire mediante la calefacción, la refrigeración y la ventilación. El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) [2] establece la temperatura de confort entre 23 y 25°C en verano y entre 21 y 23°C en invierno, y para la humedad establece los rangos de 45 a 60% y de 40 a 60% para verano e invierno respectivamente. El objetivo es conseguir un consumo de energía lo más bajo posible manteniendo el confort de los usuario. Por su mayor importancia desde el punto de vista del ahorro energético trataremos con más detalle el sistema de calefacción.

3.1 Elementos de un sistema de calefacción

Los mecanismos básicos para conseguir esa temperatura de confort son la generación y la transmisión del calor. Existen tres métodos de transmisión del calor:

- Conducción: es la transmisión de energía calorífica de partícula a partícula dentro del mismo cuerpo o entre cuerpos en contacto.
- **Convección**: es el proceso de transporte de calor por las corrientes de fluidos (líquidos o gases). Al calentarse parte de un fluido aumenta su volumen, o lo que es lo mismo, pierde densidad, trasladándose a la parte alta del recinto que lo contiene.
- Radiación: es un movimiento vibratorio, semejante al de la luz, por el que los cuerpos transmiten su calor a través de cualquier medio, incluso del vacío.

Un sistema de calefacción se compone principalmente de **generadores de calor**, que generan la energía calorífica aportada a la vivienda, el **sistema de distribución**, que transporta el calor desde el generador hasta las distintas estancias de la vivienda, los **emisores**, que emiten o entregan el calor en cada estancia, y los **sistemas de control**, que se encargan de controlar los dispositivos, regular las magnitudes físicas que intervienen en la calefacción y facilitar la supervisión del funcionamiento del sistema.







Los generadores de calor pueden ser de distintos tipos en función del origen de la energía o de la clase de combustible: combustibles sólidos, gasóleo, gas (propano, butano, gas natural), energía eléctrica, energía solar térmica o bomba de calor. Los generadores de combustible queman este en el interior de una caldera que calienta el agua de en un circuito cerrado que permite distribuir el calor por toda la vivienda, mientras que los sistemas de energía solar térmica captan la energía calorífica a través de paneles solares que calientan el agua del circuito de distribución. Los sistemas de energía eléctrica transforman esta en calor en el mismo elemento emisor con un rendimiento del 100%, normalmente mediante una resistencia eléctrica. La energía eléctrica también se puede usar para transportar calor desde el exterior de la vivienda hacia el interior, o viceversa mediante una bomba de calor (sistemas de aerotermia y de geotermia). En este caso el rendimiento supera el 100% porque la energía transportada será normalmente muy superior a la energía eléctrica consumida. Las bombas de calor también se utilizan para refrigeración llevando el calor desde el interior hacia el exterior de la vivienda.

Los sistemas de calefacción serán individuales, cuando el sistema corresponde a una sola vivienda, o centrales, cuando la generación de calor es común a un grupo de viviendas, por ejemplo en un edificio de múltiples viviendas en el que se comparte un sistema de calefacción central.

El generador de calor necesitará de un control local, normalmente embebido en el equipo, que controle su funcionamiento y su seguridad. El control de la calefacción se encargará de apagar y encender el generador o regular su potencia para conseguir el calor necesario, así como monitorizar su correcto funcionamiento.

Las **distribuciones** interiores en viviendas reciben dos tuberías (impulsión y retorno), procedentes de la distribución general y a su vez de la caldera. Hay dos tipos: monotubo (los emisores se conectan en serie) y bitubo (dos tuberías recorren la vivienda a las cuales se conecta cada radiador). Pueden colocarse colectores para sectorizar la instalación en diferentes zonas.

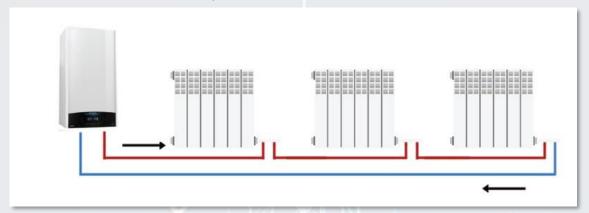


Figura 3: Caldera y radiadores con distribución bitubo. Fuente: https://www.rehabilitaweb.es









Los dispositivos **emisores** de calor que se agrupan en tres grandes familias: radiadores, suelo radiante y *fancoils*. Cada una de ellas utiliza un método de transmisión de calor diferente. Los *fancoils* calientan por convección, el suelo radiante por radiación y los radiadores utilizan ambos mecanismos [2].

Los *fancoils* lanzan una corriente de aire que calienta las estancias de la vivienda por convección. Este sistema de calefacción es muy rápido, en pocos minutos calienta la vivienda. Pero tiene un inconveniente, el aire caliente tiende a acumularse en la parte superior de las habitaciones, no es un calor uniforme por lo que es difícil lograr un alto grado de confort térmico.

El **suelo radiante** es un sistema formado por un circuito de tuberías que se instala bajo el suelo de la vivienda y por las cuales circula agua que se calienta a través de una caldera o aerotermia y emite continuamente calor por radiación. Permite calentar los edificios utilizando agua con temperaturas muy bajas, con lo que se reduce notablemente el consumo energético global del sistema, y facilita la integración de la caldera con fuentes energéticas alternativas (paneles solares térmicos). Además la emisión del calor por radiación se hace en todas las direcciones, por lo que la sensación térmica es uniforme y muy confortable. Hay que tener en cuenta que es un sistema muy lento, con mucha inercia por lo que deberá tener una buena regulación y programación horaria.

Por último, los **radiadores** que podrían llamarse radio-convectores que se encuentran en un punto intermedio, emiten calor por radiación y al mismo tiempo calientan el aire por convección natural. Aspiran aire frío por la parte de abajo, lo calientan y lo sueltan por la parte de arriba. Al ser un objeto caliente de gran superficie emiten parte de su calor por radiación. No son tan rápidos como los fancoils, ni tan confortables como el suelo radiante, pero son una buena opción intermedia.

3.2 El sistema de control. Regulación.

Teniendo en cuenta que una reducción de la temperatura ambiente de un grado centígrado puede suponer un ahorro energético de entre un 7 y un 10%, es evidente que con un buen mantenimiento y con el adecuado sistema de regulación se pueden obtener ahorros de energía considerables.

El control de la calefacción actúa sobre distintos dispositivos de los sistemas de generación y de distribución para regular el aporte calorífico a cada estancia o zona: caldera, válvula termostática, regulación de caudal, regulación de temperatura de mezcla, regulación de presiones, bombas hidráulicas, control de emisores eléctricos mediante relés o reguladores, etc.

Si deseamos regular la temperatura de cada estancia debemos actuar tanto a nivel central como en cada estancia. A nivel central hay que controlar la potencia generada en función de la temperatura externa, seleccionar los modos de funcionamiento, establecer la programación horaria global y monitorizar el coste energético global de la calefacción. En cada estancia se realiza un control individual según la temperatura ambiente interna deseada, programación horaria, modos de funcionamiento local, y presencia o ausencia de los usuarios.

En las instalaciones por **suelo radiante** hay una relación muy estrecha entre la temperatura del agua, del ambiente interior y del exterior. Por ser muy baja la diferencia entre la temperatura del agua y del ambiente, cualquier modificación en la temperatura del agua genera una gran modificación en la









emisión de calor de la placa radiante del suelo. Por ello se regula la temperatura del agua en función de la temperatura exterior y, opcionalmente, de la temperatura ambiente.

El control se puede realizar con estrategias más o menos complejas de las que dependerá el ahorro energético conseguido. El sistema más sencillo mantiene constante la consigna de temperatura mediante un **termostato**, que permite regular el sistema en función de la temperatura de consigna establecida, encendiendo el sistema si la temperatura es inferior a la establecida y apagándolo si es superior. Se usa en la mayoría de hoteles junto a un sistema de corte de alimentación mediante tarjeta.



Figura 4: Cronotermostato Google Nest

Generalmente en las viviendas se utiliza un modelo más eficiente basado en una **programación horaria** que nos permite diferenciar (al menos) entre una consigna de temperatura de día y otra de noche. Los dispositivos que regulan la temperatura a intervalos horarios se denominan *cronotermostatos*. Los niveles de temperatura más comúnmente utilizados en un cronotermostato son:

- Temperatura de confort. Cuando los usuarios se encuentran en la vivienda (20 a 25ºC).
- Temperatura de economía. Cuando los usuarios salen de casa por un corto período de tiempo, o bien durante aquellos períodos en los cuales no se requiere un nivel de temperatura tan elevado.
 Por ejemplo, durante la noche con una temperatura de economía de unos 18ºC se duerme mejor y disminuye el consumo energético.
- Temperatura anti-heladas. Con el objeto de evitar que el agua contenida en las conducciones de agua de la vivienda se hiele en invierno y produzca roturas en las mismas se establece una temperatura mínima de por ejemplo 5°C.

El control del sistema de climatización puede optimizarse por control de presencia, de forma que la temperatura disminuya cuando no hay nadie en la vivienda o en la estancia correspondiente. El control de presencia se puede realizar con cualquier tipo de sistema de control de accesos, por ejemplo un detector de movimiento por infrarrojos (PIR). Otra posible optimización consiste en desconectar el sistema o reducir la temperatura cuando están las ventanas abiertas, ya que no tiene sentido entonces mantener conectada la climatización.

Si el sistema de calefacción es **eléctrico**, para no superar la potencia contratada se puede realizar una gestión de **desconexión de equipos** cuando el consumo de potencia alcanza un determinado nivel, consiguiendo de esta forma un ahorro importante de costes energéticos. Se desconectan los equipos







según prioridades, por ejemplo la cocina eléctrica es prioritaria frente a la calefacción, la lavadora o el agua caliente.

4. La producción de agua caliente sanitaria (ACS)

Se define el agua caliente sanitaria (ACS) como el agua potable calentada destinada al consumo humano para usos sanitarios y de limpieza

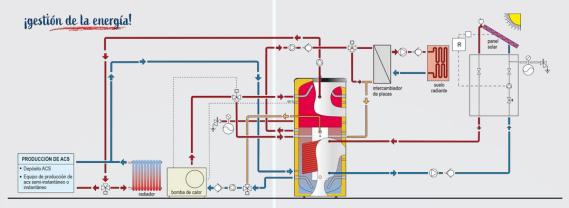


Figura 5: Producción de aqua caliente. Fuente https://www.lapesa.es/es/acumuladores-de-inercia-con-estratificacion-termica

Podemos distinguir tres tipos de sistemas de producción de ACS:

- Instantánea: consiste en un intercambiador de calor dimensionado para potencia instantánea máxima (caudal punta).
- Por acumulación: para reducir la potencia necesaria del agua caliente se acumula en depósitos de manera que se disponga de una reserva para el momento de máxima demanda.
- Por semiacumulación: los depósitos son de menor volumen que por acumulación y la potencia mayor, pero inferior a la potencia del sistema de potencia instantánea máxima.

Los intercambiadores de calor pueden ser serpentines inmersos en el interior del depósito o intercambiadores de placas externos. Los primeros requieren una sola bomba de circulación mientras que los segundos requieren dos, una para el circuito primario y otra para el secundario.

La normativa sobre prevención de la legionelosis fija en 60°C la temperatura continua de acumulación, y exige que, al menos una vez al año, toda la instalación alcance los 70°C.







5. Iluminación

Con el control de la iluminación se pretende conseguir un importante **ahorro energético** y una mejora del **confort**.

Los elementos empleados para iluminar son las **lámparas** y las **luminarias**. Las lámparas son dispositivos que transforman energía en luz, mientras que las luminarias albergan una o varias lámparas, pueden incluir balastos u otros elementos y se utilizan para focalizar la luz. Existen distintos tipos de lámparas: incandescentes, obsoletas por bajo rendimiento luminoso, fluorescentes y fluorescentes compactas (LFC), de gases a presión (mercurio, sodio,..), o lámparas leds, de alto rendimiento. Al elegir el tipo de lámpara más adecuada para cada uso se tendrá en cuenta la intensidad luminosa, el rendimiento, la vida útil y el color y la temperatura de color.

5.1 Control de la iluminación

Se puede controlar desde una sola lámpara (o luminaria) de forma individual hasta todas las lámparas y circuitos de la vivienda de manera conjunta. Las principales formas de control de la iluminación son:

- Apagado/Encendido. El apagado y el encendido de la luz por completo (On/Off) de la lámpara o
 el circuito.
- **Regulación**. Podemos regular intensidad y temperatura de color.
 - La regulación de la intensidad de luz (brillo) es el tipo básico de regulación. Las lámparas regulables permiten regular de forma continua la intensidad de luz, desde apagado completamente hasta 100% encendido.
 - La regulación de la temperatura de color permite cambiar el tono de la luz blanca, desde el blanco cálido con tonos rojizos, hasta el blanco frío de tonos azulados, pasando por el blanco natural.
- Selección de color. Las lámparas de color (RGB) permiten seleccionar el color regulando de forma independiente cado uno de los tres colores primarios aditivos: rojo (R), verde (G) y azul (B). Una mezcla equilibrada de los tres producirá los distintos tonos de blanco, aunque pueden fuentes de luz blanca adicionales para crear los distintos tonos de blanco (RGBCW).

En edificios (oficinas, centros comerciales, aeropuertos, etc.) se utiliza el control automático o la regulación centralizada aplicando diferentes estrategias de control en función de las necesidades (control por presencia, horario, mantenimiento del nivel de luz, etc.). En una vivienda, el control de la Iluminación (encender, apagar y regular la iluminación, creación de escenas) se realiza tradicionalmente a través de interruptores y reguladores de iluminación de pared. El control automático o remoto debe mantener siempre la opción del control desde esos elementos de interfaz de pared. Con la finalidad de mejorar el confort, la seguridad y el ahorro energético se utilizan distintas estrategias de automatización de la iluminación:

 Control por Presencia – el sistema de control detecta la presencia de una persona en una habitación, enciende la iluminación, y cuando no la detecta la apaga. La detección de presencia puede hacerse con detectores de movimiento, seguimiento del teléfono móvil, control de accesos, tarjetas-llave de inserción en hoteles u otras muchas posibilidades. El control de







- presencia se combina con un sistema de iluminación constante para conseguir un mayor ahorro. En hoteles puede también integrarse con el sistema de reservas.
- Regulación de la intensidad para niveles constantes de luminosidad. Se regula la intensidad de
 las lámparas en función de la iluminación natural para conseguir niveles constantes de
 luminosidad (ahorro energético y confort), disminuyendo la intensidad de las luminarias si la luz
 del exterior es suficiente. Se usan sensores de luz, para la medida de los niveles de iluminación, y
 dispositivos reguladores del nivel de iluminación (Dimmers).
- Escenas Según la actividad de los usuarios, la iluminación se adapta de forma automática activándose una "escena". Por ejemplo: con la escena "Comida" la luz sobre la mesa del comedor está encendida al 100% y la iluminación de ambiente al 50%, con la escena "Cine en Casa" se apaga toda la iluminación del salón excepto una lámpara de pie que permanece al 20%.
- Programación Horaria Mediante programadores horarios podemos programar el control del apagado, encendido y regulación de la iluminación según la hora del día, y el día de la semana. Por ejemplo, la luz del pasillo puede estar apagada durante el día, y encenderse automáticamente al 25% por la noche (variándose el horario según la época del año) y la luz del baño se programa para que solo se enciende al 50% al conectarse por la noche. Otra función: encendido gradual de la luz del dormitorio al despertar.
- **Simulación de Presencia** Tiene como objetivo hacer parecer que la casa está habitada aunque esté vacía. La iluminación puede utilizarse para la simulación de presencia en la vivienda, encendiendo y apagando la iluminación ciertas horas del día, de forma programada, aleatoria, etc.



Figura 6: Ejemplos de lámparas IoT

La Figura 6 muestra algunas lámparas IoT comerciales con comunicación inalámbrica: una bombilla LED RGBCW IoT marca ANTELA con comunicación WiFi controlable con *Smart Life*, un portalámparas ON/OFF IoT WiFi *Sonoff* de *Itead* que permite controlar cualquier lámpara convencional con casquillo E27 con la App *eWeLink*, una lámpara IoT RGBCW *Sylvania* de *Osram* con comunicación *ZigBee* y un sistema *Philips Hue* que incluye una pasarela *ZigBee* y se controla con la App *Hue*. Todas son controlables desde asistentes de voz como *Amazon Alexa, Google Assistant* o *Apple Siri*.









6. Accionamiento automático de persianas y toldos

El control automático de persianas y toldos permite mejorar el confort, aumentar la seguridad y optimizar el consumo energético de la climatización y de la iluminación. Con esa finalidad se utilizan distintas formas de accionamiento automático:



Figura 7: Control de persianas. Fuente: https://www.blickdomi.com

- Control de temperaturas y de luz natural: hay que dejar entrar el sol para iluminar y calentar la casa en las temporadas frías y evitar que entre el sol en las épocas de calor. El sombreado automático optimiza el control calculando el ángulo de incidencia de los rayos solares o usando información meteorológica, y con el control por presencia, al detectar alguna persona en una estancia se sube la persiana para dejar entrar más luz natural.
- **Ayuda a la intimidad**: al anochecer, las persianas, toldos u otros elementos de protección solar se bajan para sentirnos más cómodos en el interior de casa, sin ser vistos desde el exterior.
- Protección contra condicionantes meteorológicos: consiste en evitar el daño al inmueble o sus habitantes colocando automáticamente en posición de seguridad los toldos y persianas exteriores que podrían dañarse. Por ejemplo si empieza a llover, o hay viento, automáticamente se recogen los toldos motorizados (para que no se ensucien o rompan) y bajan las persianas motorizadas (para evitar que se manchen los cristales).
- **Simulación de presencia**: las persianas siguen funcionando como de costumbre aunque no haya nadie en la vivienda para que no parezca deshabitada.
- Escenas: se establecen distintas "Escenas" según la actividad de los habitantes. Por ejemplo, con la escena "Cine en Casa" hay que bajar las persianas y subir los toldos del salón además de poner la iluminación al 20% y conectar el video, y la escena "Me Voy de Casa", puede subir los toldos y bajar las persianas motorizadas de toda la casa además de otras actuaciones como activar la alarma, apagar toda la iluminación y encender la iluminación exterior.
- **Programación Horaria**: la programación horaria también puede controlar el funcionamiento de las persianas motorizadas; por ejemplo evitando que los niños abran las persianas por la noche, o subiéndolas gradualmente por la mañana para despertar a las personas de forma agradable.









7. Control del riego de terrazas y jardines

El sistema de riego se basa en la distribución de emisores (aspersores, difusores, tubos de goteo, etc.) por el jardín (conectados a la alimentación del agua) según la necesidad de riego de cada zona.



Figura 8: Programación del riego desde un móvil

Para el control disponemos de distintos elementos: las **electroválvulas**, generalmente de 24 Vca, son los dispositivos de actuación para apertura y cierre de las conducciones de agua sobre las que actúa el **programador de riego**, que es un controlador horario integrado en el sistema domótico. Generalmente disponen de varias salidas de control de electroválvulas para poder organizar el sistema en distintas zonas de riego.

Para optimizar el riego podemos utilizar sensores de humedad de suelo, lluvia y otros, así como un contador de consumo de agua, permitiendo distintas estrategias de control automático: programación horaria, riego según la humedad del suelo, o en función de datos y previsiones meteorológicas de parámetros como la lluvia, el viento, la irradiación solar, la humedad relativa y la temperatura del aire, que pueden ser medidos u obtenidos desde Internet.

8. Control de electrodomésticos.

Los electrodomésticos tradicionales son aparatos electromecánicos que realizan tareas rutinarias en el hogar, tales como lavar la vajilla, cocinar o conservar alimentos. Son equipamientos de uso común en nuestras viviendas, prácticamente todos los hogares disponen de frigorífico, lavadora, horno, horno microondas, aspiradora, plancha, lavavajillas y cafetera, y una gran parte también tiene secadora, robot de cocina o robot de limpieza de suelo, por poner algunos ejemplos.









Figura 9: Lavadora inteligente. Fuente https://images.samsung.com/is/image/samsung/ca-feature-easy-troubleshooting-193672498?\$FB TYPE A JPG

Los electrodomésticos inteligentes o domóticos se diferencian de los tradicionales en su capacidad de comunicación. La interconexión de estos dispositivos facilita que intercambien información y permite su programación remota y monitorización vía Internet a través de aplicaciones móviles que permiten valiosas funcionalidades avanzadas: inicio / paro remoto, programación remota, consulta de estado, funcionamiento por prioridades, telediagnosis (fallos de sensores, averías, detección de situaciones anómalas, mantenimiento, etc.) y asistentes desde internet.

Por ejemplo, el control remoto del frigorífico permite la activación de enfriamiento rápido, detección de rotura de cadena de frío o detección de puerta abierta. Y deja de ser solo un lugar donde almacenar alimentos para convertirse además en una interfaz desde la que es posible acceder a internet, descargar recetas o hacer la compra online. El control de la lavadora permite la selección de programa de lavado, detección de puerta abierta, medida de la carga de ropa, detección de fallo de calentamiento, detección de motor averiado, detección de desequilibrio de tambor, o descarga de Internet de los programas adecuados para cada tipo de ropa. Para las placas de cocina, robots de cocina y hornos, además de las funciones de control y diagnosis, se incluye asistente de cocina y recetas por internet.

9. Seguridad

La seguridad es una de las áreas clave de la domótica y una de las más desarrolladas, siendo muy común dotar a las viviendas de una instalación de alarma.

Los distintos dispositivos del sistema de alarmas se conectan a una **centralita de alarmas** que normalmente tendrá acceso a internet. Además el sistema puede estar supervisado por la Central Receptora de Alarmas (CRA) de una empresa de seguridad. Con este tipo de sistemas, los eventos de intrusión, alarmas técnicas o pánico, se detectan en la CRA cuyo personal confirma la alarma y avisa en su caso a la policía, bomberos u otros servicios de intervención, y al usuario. Los sistemas conectados a una CRA deben cumplir algunos requisitos: homologación de equipos, instalación por una empresa autorizada y servicio de vigilancia prestado por una empresa que cumpla un conjunto de requisitos técnicos y legales acorde a la legislación.









Figura 10: CRA. Fuente: https://www.prevent.es

Se identifica cuatro áreas de funciones y servicios que realizan los sistemas de seguridad:

- Alarmas de Intrusión
- Control de accesos y de presencia
- Alarmas Técnicas (incendio, humo, agua, gas, fallo de suministro eléctrico, fallo de línea telefónica, en ascensores, etc.)
- Alarmas Personales (SOS y asistencia)

Tratamos a continuación con más detalle distintos aspectos de cada una de esas áreas.

9.1 Protecciones frente a la Intrusión

Hay dos tipos de protecciones contra la intrusión:

- La protección perimetral protege de accesos a la parcela y a la misma vivienda a través de puertas y ventanas. Principalmente se utiliza barreras infrarrojas de exterior en vallas, el jardín y ventanas y puertas; y sensores de contacto magnético de puerta/ventana y sensores de rotura de cristal.
- La protección de interior protege de intrusión dentro de la misma vivienda. Se utiliza normalmente sensores de detección de movimiento con tecnologías infrarroja y ultrasónica.

Es aconsejable conectarlo a una Central Receptora de Alarmas (CRA).

9.2 Control de accesos.

El control de accesos consiste en verificar si una persona o vehículo que solicita el acceso a la vivienda tiene los derechos necesarios para hacerlo. El resultado de esa verificación podría dar lugar a la apertura automática del acceso o a la activación de una alarma por intento de intrusión no autorizada. La apertura o cierre automatizados de puertas de acceso se realiza con actuadores como cerraduras electrónicas, sistemas motorizados de apertura de puertas o tornos y barreras de control de accesos.











Figura 11: Nuki Smart Lock. Fuente: Wikimedia Commons

En el mercado existen diversos dispositivos de identificación control de accesos.

- Lector con teclado. A través de un teclado se introduce un código de apertura, de atraco o de pánico, según el caso.
- Lector de tarjetas. Existen distintos tipos de tarjetas (código de barras, banda magnética, RFID o NFC) que permiten identificarse para realizar el control de accesos.
- Identificadores corporales. Permiten identificarse con la medida de algún parámetro o
 característica corporal como por ejemplo la huella dactilar, la huella palmar, el iris, la retina, la
 oreja, o la voz.
- Interfonos y videoporteros. Cuando está conectados a internet permiten ver y hablar con la persona que llama a la puerta y accionar la apertura de la puerta de forma remota.

9.3 Detección de presencia

Los detectores de presencia miden variaciones de una magnitud física que se interpretan como presencia de alguien en el área vigilada. Sirven fundamentalmente para detectar intrusión, pero también para teleasistencia y para control de iluminación, calefacción, persianas, toldos, etc.

Pueden estar concebidos para interiores o para exteriores, también pueden ser volumétricos, que detectan presencia en toda una zona, de proximidad, que detectan la presencia en un sitio concreto, o de penetración, por ejemplo al cruzar una puerta.



Figura 12: Detector de movimiento PIR. By Versatile Techno - http://www.sensinova.in/pir-motion-sensor/SNPR11.php, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48377787









Existen muy diversas tecnologías para la detección de presencia. Así, entre los detectores volumétricos encontramos dispositivos que funcionan por infrarrojos, por sonido, por ultrasonidos, por microondas o con cámaras de videovigilancia, son numerosos los sensores puntuales que pueden detectar si hay alguien en una silla, una cama, una alfombra, etc. Detectores de penetración en la vivienda los hay de contactos magnéticos, sensores de vibración, detectores de rotura de cristales o sensores de capacitancia entre otros, y para exteriores donde se desea detectar la posible irrupción en zonas bien definidas, normalmente delimitadas por barreras físicas, existen dos tipos fundamentales de detectores: detectores por interrupción de haces (barreras) y detectores perimetrales enterrados. Entre los más usados podemos mencionar los detectores de movimiento basados en sensores de infrarrojos pasivos (PIR), que captan la radiación infrarroja que emiten los elementos de la zona vigilada, y se activan al variar su intensidad por el cambio de temperatura producido por un cuerpo, persona, animal, vehículo, etc. Algunas características a tener en cuenta de estos detectores son la compensación automática de temperatura, el campo de visión, o la inmunidad ante animales pequeños (mascotas).

9.4 Alarmas Técnicas

Las alarmas técnicas permiten detectar y localizar situaciones de peligro que puedan producirse por el fallo o anomalía en alguna de las instalaciones de la vivienda, incluyendo incendios y fugas de agua y gas, fallos de suministro eléctrico, de comunicaciones, de ascensores, etc., así como la puesta en marcha automática de aquellas secuencias de acciones previstas para minimizar los riesgos y daños que puedan producirse.

Por ejemplo, la detección de incendios se realiza a través de alguno de los fenómenos que acompañan al fuego. De esta forma encontramos detectores de humo (ópticos o iónicos), detectores térmicos (temperatura alta), detectores termo-velocimétricos (aumento brusco de la temperatura), detectores de llama (radiación Infrarroja o ultravioleta), detectores de gases de la combustión (sensores de CO y CO2) o detectores de escape de gas (sensor de gas natural y sensor de flujo de gas). Su combinación previene y facilita la detección temprana de distintos tipos de incendios.









9.5 Videovigilancia

La videovigilancia consiste en vigilar una zona mediante el uso de cámaras de video. Actualmente hay disponibles una gama amplia de cámaras PTZ que funcionan en red y pueden ser usadas en un sistema domótico para proteger frente a intrusión, detectar presencia o supervisar actividades. Las cámaras PTZ (pan-tilt-zoom) pueden rotar alrededor de dos ejes, uno horizontal y otro vertical, así como acercarse o alejarse (zoom) para enfocar un área u objeto de forma manual o automática. [wp Cámara_PTZ] Las cámaras en red (IP) se conectan a redes TCP/IP para transmitir el video y audio en directo (streaming). Además la cámara IP también se controla a través de la red pudiendo monitorizar su estado y configurar sus parámetros de funcionamiento, incluido el control PTZ en su caso [4].



Figura 13: Cámara PTZ. Fuente: Wikimedia Commons

Hay numerosas características útiles que puede tener un sistema de video vigilancia:

- Activación mediante movimiento de la imagen o de sólo una parte de la imagen.
- Activación a través de otros sensores.
- Creación de una máscara en la imagen, para ocultar parte de ella o colocar un logo.
- Control remoto para mover la cámara y apuntar a una zona (PTZ).
- Programación de una secuencia de movimientos en la propia cámara.
- Procesamiento de video: reconocimiento de rostros o de matrículas de automóvil, seguimiento automático, etc.
- Posibilidad de guardar y emitir los momentos anteriores a un evento.
- Envío de correos electrónicos con imágenes.
- Supervisión desde móvil y a través de internet.
- Comunicación WiFi para los lugares donde no se puede conectar mediante ethernet.
- Visión nocturna por infrarrojos e iluminación infrarroja.
- Utilización de diferente cantidad de fotogramas según la importancia de la secuencia.
- Entradas para alarmas y salida de relé.









10. Entretenimiento y ocio

El entretenimiento y ocio en el Hogar Digital hace referencia a todos los sistemas o infraestructuras que posee el hogar en materia de ocio. Como ejemplo están todo tipo de Consolas de videojuegos, Media Center, TDT, Smart TV, dispositivos de distribución de Audio y Video, en definitiva, todo sistema de ocio integrable en una red digital. (WP)

Multimedia es la capacidad de mostrar vídeo, sonido, texto y animaciones e integrarlo todo en un entorno llamativo al usuario que, normalmente, podrá interactuar sobre el para conseguir un resultado visible o audible, o ambas cosas. También hace referencia a que se utilizan diversos medios para almacenar, transmitir, mostrar o percibir información. Como veremos en la Unidad 4.3 las redes domésticas (HAN) del hogar digital deben incluir **redes multimedia**, es decir, redes IP que soporten servicios multimedia.

Las redes multimedia en el hogar utilizan diversas **tecnologías** para conseguir o facilitar sus objetivos, entre las que podemos mencionar *Zeroconf*, *UPnP*, DLNA, *Wi-Fi Direct*, *AirPlay* o *ChromeCast*.

Zeroconf (Zero Configuration Networking) es un conjunto de técnicas que permiten crear de forma automática una red IP sin configuración o servidores especiales ni conocimientos técnicos. Así podremos conectar ordenadores, impresoras de red y otros elementos. Sin Zeroconf, es el usuario el que debe configurar servidores especiales, como DHCP y DNS, o bien cada ordenador de forma manual. Actualmente Zeroconf soluciona tres problemas: selecciona una dirección IP para los elementos de red, descubre qué ordenador tiene determinado nombre y descubre dónde se encuentran los servicios, como por ejemplo el de impresión.

UPnP (*Universal Plug and Play*) es un conjunto de protocolos de comunicación que permite a periféricos en red, como ordenadores personales, impresoras, pasarelas de Internet, puntos de acceso Wi-Fi y dispositivos móviles, descubrir de manera transparente la presencia de otros dispositivos en la red y establecer servicios de red de comunicación, compartición de datos y entretenimiento. *UPnP* está diseñado principalmente para redes de hogar.

DLNA (*Digital Living Network Alliance*) comunica diversos dispositivos para compartir contenidos en una red doméstica. Fundada por Sony en 2003, integra muchos dispositivos y software certificados de multitud de fabricantes. Define tres tipos de dispositivos, aunque un equipo puede cumplir con uno o varios roles a la vez:

- Servidores (*Digital Media Servers*). Son dispositivos de almacenamiento masivo conectado que lo exportan a la red DLNA en forma de flujo compatible: TV con disco duro o memorias USB conectadas, PCs con discos duros compartidos por DLNA, sistemas NAS, tabletas o móviles con almacenamiento interno disponible, etc. Disponen de todo el contenido multimedia: video, audio, fotos.
- Controladores (*Digital Media Controllers*). Son los que controlan la red DLNA. Definen el origen y el destino de los flujos de datos (vídeo, audio o fotos) así como permiten controlar la forma de reproducción: pausa, avance, retroceso etc. Típicamente son TV, tabletas o teléfonos móviles.







 Reproductores (*Digital Media Renderers*). Son los dispositivos capaces de negociar y recibir un flujo de datos compatible e interpretarlo para visualizarlo. Tienen salida de audio o vídeo como pueden ser TV, móviles, PCs, etc.

Wi-Fi Direct permite comunicar dos dispositivos sin necesidad de pasar por el punto de acceso (AP), y es usado por dispositivos de emisión de video mediante Wi-Fi como Miracast.

Algunos fabricantes de dispositivos de emisión tienen su propia tecnología. Así, *Bonjour* es la marca comercial de Apple para su Implementación de *Zeroconf*, y *Airplay* es el protocolo de Apple para intercambio de contenidos a través de Wi-Fi. Google por su parte comercializa sus *ChromeCast*, dispositivos multimedia que se conectan a la TV a través de HDMI, dotando a una TV convencional de características propias de una "Smart TV". También Amazon ofrece sus propios dispositivos, *Fire TV Stick*, controlados tanto mediante un mando como por voz desde su asistente virtual Alexa.

Entre los dispositivos multimedia para ocio y entretenimiento podemos citar los NAS, Smart TV, *mediacenter* y videoconsolas.

Los NAS multimedia (NAS, *Network Attached Storage*) son dispositivos para almacenamiento conectado en red con soporte DLNA/UPnP.

La televisión inteligente (Smart TV) combina la integración de Internet con el decodificador de televisión digital STB (Set-Top Box) y sistemas de video y audio de prestaciones elevadas (Home Cinema). Las Smart TV se comunican con la red doméstica mediante Ethernet o WiFi y conexiones digitales USB y bluetooth. Tienen una interfaz optimizada, intuitiva, agradable y accesible que integra fuentes de entrada diferentes (teclado y ratón USB genéricos, órdenes de voz y movimiento, etc.) y dispone de una EPG única (software avanzado). Un disco duro integrado o a través de USB permite almacenar medios, realizar grabaciones o actuar como Smart Buffer para evitar interrupciones en la reproducción. Permiten el acceso a servicios basados en Internet, visualizar contenidos HD, interactividad, guardar archivos y grabar contenidos (NAS), emitir y reproducir contenido a través de la red mediante DLNA, instalar aplicaciones (juegos, información meteorológica, etc.), compras por internet, telefonía IP, vídeo a la carta o interacción con redes sociales, entre otra funciones.

Un *Mediacenter* es un centro multimedia realizado con un ordenador adaptado a la reproducción, control y almacenamiento de medios conectado a un TV convencional, funcionando el conjunto con características "Smart TV". Se pueden usar PC's convencionales u otros ordenadores, normalmente con box especiales, silenciosos, con salida de video HD, sonido envolvente, sintonizadora de TDT, mando a distancia, conexión a la red, y con un programa especial (media center) como *Kodi Media Center, GeeXboX, MythTV, Windows Media Center, Domotix*, o *Linux Media Center*.

Por último, una video consola o consola de video juegos es un sistema electrónico de entretenimiento que ejecuta videojuegos contenidos en cualquier dispositivo de almacenamiento o en internet. Los primeros sistemas de videoconsolas fueron diseñados únicamente para jugar videojuegos pero a partir de la quinta generación de videoconsolas han sido incorporadas características importantes de multimedia, internet, tiendas virtuales y servicio en línea, como en las videoconsolas *Nintendo Switch Online, PlayStation Network*, y *Xbox Network* [5].







11.Interfaces

Las interfaces de usuario son los medios que permiten al usuario comunicarse con el sistema domótico para controlarlo y obtener información de él.

Entre las características deseables que deben tener las interfaces, podemos destacar el que sean fáciles de usar, proporcionen un control integral de todo el sistema con un número razonable de interfaces, y que existan interfaces alternativas y redundantes. Cuando en la vivienda conviven personas con alguna discapacidad puede ser difícil para ellas usar una interfaz fácil de usar para otra persona, en cuyo caso es necesario disponer también de interfaces adaptadas.



Figura 14: Interfaces. Fuente: pixabay.com

El desarrollo en los últimos años de tecnologías emergentes está acelerando la aparición de un gran número de nuevas interfaces con enormes capacidades. Entre estas tecnologías destacan:

- La evolución de Internet y protocolos TCP/IP como estándar que permite la interacción desde cualquier sitio en el mundo con acceso a Internet.
- La generalización del uso del teléfono móvil como dispositivo personal con multitud de posibilidades y aplicaciones.
- La implantación de los sistemas inalámbricos dentro del hogar como Bluetooth, WiFi o Zigbee.
- El desarrollo de los sistemas multimedia.
- La madurez, flexibilidad y facilidad de uso de los asistentes virtuales controlados por voz.

Con las nuevas interfaces los usuarios tienen un acceso y control mucho más flexible del hogar, pudiendo acceder a datos e imágenes y programar prácticamente desde cualquier sitio, dentro o fuera de la casa, y en cualquier momento, facilitando el que los usuarios acepten sin miedo acceder y controlar su vivienda remotamente.

11.1 Interfaces de usuario convencionales

Entre las interfaces **convencionales** se encuentran los **mandos**, que pueden ser simples pulsadores o conmutadores, o **mandos a distancia** para control remoto, que pueden ser a su vez mandos simples de una o pocas funciones (como un mando de garaje), mandos multifunción o mandos universales que proporcionan un control integral tanto de los sistemas de entretenimiento como del sistema







domótico. Además los mandos a distancia se adaptan fácilmente a una silla de ruedas, lo que los hace muy útiles en casos de discapacidad motora.

11.2 Interfaces de usuario inteligentes

Además de las interfaces convencionales podemos interactuar con el sistema domótico a través de distintas **interfaces inteligentes** que ofrecen gran flexibilidad, potentes herramientas de ayudas técnicas para control diversidad de formas de interacción y gran capacidad de comunicación.



Figura 15: Teclado táctil KNX, Zennio. Foto propia

Entre los protocolos de comunicación para interfaces inteligentes destacan los **mensajes** (SMS y MMS, IMQTT, CoAP, HTTP REST, etc.), útiles principalmente para entregar información al usuario sobre eventos en la casa, o para enviar mensajes de control sencillos, las **interfaces WEB**, que facilitan el control de dispositivos mediante HTML (navegadores) con ordenadores, tabletas, móviles, televisores y mandos inteligentes, y los protocolos de control de las tecnologías multimedia (UPnP, Zeroconf, DLNA, Airplay o Chromecast).

Existen distintos dispositivos inteligentes usados como interfaces del sistema domótico, cada uno con sus características particulares. Así, de un **ordenador** podemos destacar su enorme potencia, de una **tableta** la facilidad de transporte y adaptabilidad, del **teléfono móvil** (*smartphone*) la posibilidad de control y supervisión a distancia, el hecho de disponer cada usuario de uno propio y de llevarlo normalmente a todas partes en el bolsillo, y la multitud de servicios que ofrecen sus aplicaciones. Las **pantallas táctiles**, que pueden implementar un **teclado de conceptos**, son sencillas de usar y son adecuadas por ejemplo para personas con discapacidad intelectual.

También un **televisor**, un centro multimedia o una consola de juegos son útiles para control interactivo, pudiéndose usar para el control del sistema domótico el mismo mando de la tele, mandos multimedia, mandos de juegos o dispositivos de realidad virtual y realidad aumentada tales como guantes sensitivos, gafas virtuales, etc.

Los detectores de presencia sirven para interactuar de forma **ubicua**, sin necesidad de realizar ninguna acción de control voluntaria. Para la detección se emplean distintas tecnologías: infrarrojos, barreras de luz, alfombras, micrófonos, etc. También los sistemas de identificación por radiofrecuencia, o **RFID**, usados en las tarjetas de proximidad y de vecindad y en los chips identificadores, así como los sistemas de comunicación por campo cercano, o **NFC**, que ya incorporan la mayoría de los teléfonos inteligentes, tienen diversas aplicaciones en el hogar como la detección e identificación de personas para que al sistema actúe en función de la actividad del usuario, el control







de acceso para personas con dificultad para manejar llaves, o la automatización de tareas mediante el móvil.

Una interfaz que ha cobrado una enorme importancia para la domótica es el **altavoz inteligente**, un dispositivo IoT que permite al usuario comunicarse mediante la voz con un **asistente virtual** en la nube a través de internet. Como ejemplo, los altavoces *Echo* de *Amazon* que se comunican con su asistente virtual *Alexa*. Estos altavoces interaccionan con el sistema domótico de distintas formas agrupadas en dos categorías:

- A través de la red local se comunican con un centro de control domótico o con una pasarela domótica local compatible. Incluso algunos altavoces integran una pasarela de comunicación con la red de control domótica, como es el caso del *Echo Plus* de *Amazon* que incluye una pasarela *ZigBee*.
- A través de internet, el asistente virtual se comunica con plataformas IoT en la nube que
 gestionan el control de los dispositivos domóticos IoT instalados en la vivienda. Por ejemplo, un
 enchufe inteligente Sonoff se comunica a través de una plataforma en la nube con la App móvil
 eWeLink, y mediante el complemento adecuado (skill eWeLink) el asistente virtual Alexa controla
 el dispositivo a través también de la plataforma eWeLink.



Figura 16: Altavoz Echo de Amazon. Foto propia

De esta manera podemos encender o apagar equipos, cambiar modos de funcionamiento o preguntar por algún parámetro usando sencillas órdenes de voz como: "Alexa, ¿qué temperatura hay en el salón?", "Alexa, enciende la calefacción", "Alexa, pon la temperatura del salón a 21 grados", "Alexa, enciende la luz de la cancela" o "Alexa, apaga todas las luces".

Esta capacidad de los altavoces inteligentes de integrar una gran diversidad de sistemas domóticos heterogéneos a través de una única interfaz muy sencilla de utilizar, como es la voz con lenguaje natural, está facilitando el enorme auge de la domótica en los últimos años. Además, el control del sistema mediante sonidos u órdenes de voz es de gran utilidad en casos de discapacidad visual o movilidad reducida.







11.3 Centros de control con interfaces inteligentes

Un centro de control domótico es un sistema que integra todos o gran parte de los dispositivos del sistema de la vivienda y unificando las interfaces.

El control domótico puede realizarse con dispositivos independientes con diversidad de interfaces o tener un sistema que proporcione la unificación deseable de esas interfaces y la colaboración entre los distintos dispositivos para conseguir el correspondiente valor añadido. Como hemos dicho, esta unificación se facilita enormemente utilizando como interfaz integradora alguno de los asistentes de voz disponibles y limitándonos a instalar dispositivos loT compatibles con ese asistente. También podemos lograr ese objetivo mediante un centro de control que integre todos los dispositivos.

Un centro de control puede estar limitado a un único sistema domótico, por ejemplo instalando sólo dispositivos *Sonoff* controlados con la App móvil *eWeLink*. Otra opción consiste en usar un centro de control genérico que permita la integración de multitud de sistemas heterogéneos.

El centro de control puede estar en la nube, accediendo a él mediante navegadores o a través de una App, para móvil o de escritorio para PC. Por ejemplo el sistema SmartThings de Samsung que integra dispositivos Z-wave y Zigbee, la App móvil eWeLink que controla en la nube los dispositivos WiFi Sonoff de Itead, o la App móvil Smart Life (y versiones similares como Tuya Smart, Smart Living, etc.) que permite controlar dispositivos ZigBee y WiFi de distintos fabricantes.

También hay disponibles aplicaciones de escritorio para PC como Indigo de Indigo Domotics, una aplicación genérica de pago que integra distintos sistemas, o ActiveHome, una aplicación de escritorio gratuita para el sistema X10.



Figura 17: Blueprint. Fuente: linuxgizmos.com

Otra alternativa consiste en usar un centro de control basado en un dispositivo físico especifico que se instala en la vivienda y que podemos considerar como parte de nuestra pasarela residencial. Ejemplos comerciales son *MyOmBox* que gestiona sistemas MyHOME y Zigbee entre otros, o *Fibaro Home Center*, pero también tenemos la opción de construir uno con software abierto para un miniordenador como por ejemplo una Raspberry Pi., que ofrece numerosas posibilidades de integración de muy diversos sistemas domóticos. Las tres opciones más conocidas de software abierto para construir el centro de control son Home Assistant (también se puede adquirir ya instalado en un miniordenador: *blueprint*), Openhab y Domoticz.









11.4 Interfaces para usuarios con discapacidades

Las interfaces para usuarios con discapacidades se clasifican en tres tipos según su nivel de adaptación:

- Interfaces no adaptadas. Gran parte de las interfaces no adaptadas las pueden usar personas con alguna discapacidad sin necesidad de ninguna adaptación. Por ejemplo: pulsadores, conmutadores y mandos a distancia se instalan fácilmente en una silla de ruedas, el control mediante órdenes de voz es adecuado para discapacidad visual o movilidad reducida, y las pantallas táctiles y teclados de conceptos son interfaces sencillas de usar y apropiadas en casos de discapacidad intelectual.
- Interfaces adaptadas. Se trata de modificar elementos de control convencionales. Por ejemplo, acoplar un mando o una tableta a una silla de ruedas o situarlos a una altura adaptada.
- Interfaces especiales. Son interfaces especiales diseñadas para cubrir las necesidades concretas de la persona con discapacidad. Por ejemplo detectores especiales, indicadores sonoros y visuales, pulsadores accionados mediante pie, puño, cabeza, codo, mandíbula, etc., pulsador de soplo, pulsador de varilla, pulsador de sonido o pulsadores especialmente grandes y robustos. También son necesarias alternativas a los periféricos de ordenador, basadas en hardware como teclados y ratones especiales, sobreteclados y licornios o basadas en software como emuladores de teclado y/o ratón con control mediante movimiento ocular, movimiento de los párpados, voz o gestos faciales, lectores de pantalla con voz, o subtítulos para sustituir el audio.



Figura 18: Licornio. Fuente: Wikimedia Commons

Las interfaces adaptadas y especiales deben convivir con sistemas convencionales para el resto de usuarios.









12. Bibliografía

- [1] WikipediA, «Domótica,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica .
- [2] Gobierno de España, «Rite Reglamento instalaciones térmicas en los edificios,» [En línea]. Available:

https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx .

- [3] BAXI, «Como programar calefaccion por suelo radiante,» [En línea]. Available: https://www.baxi.es/ayuda-y-consejos/ahorra-en-climatizacion/como-programar-calefaccion-por-suelo-radiante
- [4] WikiPedia, «Camara_PTZ,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Camara_PTZ
- [1] WikiPedia, «Videoconsola,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Videoconsola







Módulo 4. IOT Y DOMÓTICA

4.3 INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS IOT PARA DOMÓTICA

Por Francisco Gómez

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Universidad de Granada.

1. Introducción

En esta unidad se describen aspectos particulares de los sistemas de comunicación de la vivienda (redes de are doméstica), en particular las redes de control domótico. Se tratarán con cierto detalle las tecnologías y estándares de comunicación más relevantes utilizados en domótica y su evolución convergente hacia Internet de las Cosas.

Si bien muchos de los dispositivos domóticos IoT usados en la actualidad utilizan Wi-Fi como sistema de comunicación, al ser esta una tecnología de comunicación de datos no específica de la domótica no está incluida en esta unidad.

2. Redes domésticas (HAN)

Una red doméstica (home area network en inglés, abreviadamente HAN, o Home Networking) es un tipo de red de área local que se desarrolla a partir de la necesidad de facilitar la comunicación y la interoperabilidad entre los dispositivos digitales presentes en el interior o en las inmediaciones de una casa, y provee comunicación con el exterior (acceso a Internet, telefonía, etc.) a través de pasarelas residenciales. Los dispositivos capaces de participar en esta red son dispositivos inteligentes, como impresoras de red y ordenadores portátiles, y a menudo logran mayores capacidades gracias a la posibilidad de interactuar entre sí y de acceder a internet. Estas capacidades adicionales se pueden utilizar para mejorar la calidad de vida dentro de la casa con la automatización de las tareas repetitivas, el aumento de la productividad personal, la mejora de la seguridad, el acceso más fácil al entretenimiento y la posibilidad de optimizar el ahorro energético en la vivienda [1].

El ecosistema del hogar digital es complejo pues incluye, además de los elementos y sistemas de control domótico, un numeroso y heterogéneo conjunto de dispositivos susceptibles de ser integrados tales como electrodomésticos, teléfonos móviles, ordenadores personales, equipos multimedia o sistemas de alarma entre otros. Estos elementos podemos agruparlos sobre distintos tipos de redes que conformarían las redes domésticas: redes de datos, redes multimedia, redes de









control para domótica y redes de control de seguridad [2]. En la figura se muestra un esquema simplificado de cómo quedaría organizada una red doméstica.

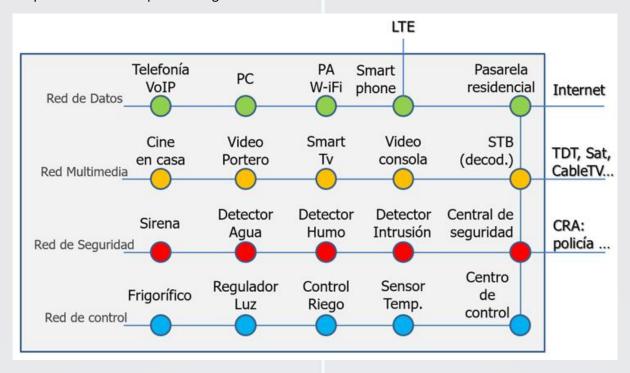


Figura 1: Estructura de una red doméstica (elaboración propia)

Las **redes de datos** para interconexión de PC, impresoras, escáneres, etc., permiten compartir recursos informáticos (ficheros, programas, impresoras...) así como acceder a Internet desde todas las dependencias de la vivienda simultáneamente. Con VoIP (voz sobre IP) integran también la telefonía. La **red multimedia** para interconexión de TV, videoconsolas, etc., permite la gestión y distribución de audio y video por todo el hogar. En la actualidad podemos considerar las redes multimedia integradas en las redes de datos, pues están basadas ya prácticamente en su totalidad en tecnologías IP.

Las **redes de control o redes domóticas**, incluyendo **redes de seguridad**, permiten la automatización del hogar mediante el uso de sensores y actuadores que realizan el control de dispositivos diversos. Las redes de seguridad y las redes domóticas tienen características específicas de coste, consumo, simplicidad y fiabilidad que hacen conveniente el uso de tecnologías que se adapten mejor a su propósito, aunque como veremos esas tecnologías también convergen en su evolución reciente hacia el IoT y por tanto a las comunicaciones de internet, integrándose cada vez más con las redes de datos. La tecnología de las redes de control es el tema principal que desarrollaremos en este tema.

La **pasarela residencial**, es el elemento que integra las distintas redes domésticas y las interconecta con internet a través de una línea de Banda Ancha (fibra óptica, ADSL, *WiMax*, etc.). Debe garantizar la seguridad de las comunicaciones hacia y desde el hogar y puede ser gestionable de forma remota. Permite disfrutar de gran ancho de banda en el hogar, imprescindible para servicios como Vídeo bajo Demanda o música a la carta, y que la vivienda esté siempre conectada con el exterior (*always on*),









característica imprescindible para servicios de teleasistencia, telecontrol o tele vigilancia, por ejemplo. Como ya sabemos la conexión a internet facilita la supervisión (control, monitorización, automatización y análisis de datos) desde el exterior de la vivienda, el uso de herramientas y otros recursos en la nube, la interoperabilidad entre dispositivos y el empleo de teléfonos móviles y asistentes de voz como interfaces para controlar el sistema.

3. Redes de control

Las redes de control se utilizan para aplicaciones de automatización y control en la vivienda o el edificio, independiente de la red de datos y multimedia. Manejan sensores y actuadores, tiene bajos requisitos de ancho de banda (intercambio de comandos y variables de forma discontinua), e integra los electrodomésticos inteligentes (gama marrón) y gran parte del IoT del interior de las viviendas y edificios.

Es deseable que la red de control sea fiable y fácil de utilizar, de instalar incluso en edificios existentes, de ampliar, de modificar, de mantener y de añadir nuevos servicios.

3.1 Tipos de nodos en las redes de control

Una red de control domótico está compuesta por una serie de nodos que se conectan unos con otros a través del bus de comunicaciones. Podemos agruparlos en tres categorías, aunque un mismo nodo puede tener distintos roles:

- Nodos de control estándar, encargados de controlar y actuar sobre los elementos a automatizar. Miden a través de sensores, y actúan mediante actuadores (relés, motores, etc.) sobre elementos a controlar tales como luces, persianas o calefacción.
- **Nodos de supervisión**, dedicados a actuar como interfaz con el usuario y donde se disponen las funciones que el usuario puede supervisar o controlar. Ej.: Pantallas táctiles.
- **Nodos de comunicaciones**, dedicados específicamente a soportar la red de comunicaciones para el control de la vivienda.









3.2 Arquitectura de las redes de control.

Dependiendo del controlador o controladores del sistema domótico podemos distinguir tres clases de arquitectura:

 Arquitectura Centralizada. Todos los sensores y actuadores se cablean hasta el único elemento de control. Un controlador central recibe información de los múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores. Como desventajas de este sistema podemos mencionar el mayor cableado y coste, y el depender de un único controlador. Tiene las ventajas de su sencillez y de tener centralizados los módulos de E/S y de control.



Figura 2: Arquitectura centralizada

 Arquitectura Descentralizada. Los sensores y actuadores están conectados en red con un controlador central. Tiene menos cableado, pero se mantiene el inconveniente de la dependencia de un único controlador.

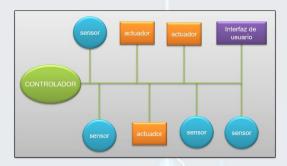


Figura 3: Arquitectura descentralizada









• Arquitectura Distribuida. Hay diversos controladores locales conectados en bus local entre sí. Con esta arquitectura no existe la figura del controlador centralizado, sino que toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los nodos, programándose independientemente cada elemento del sistema. La ventaja más importante de un sistema distribuido es el hecho de que en caso de un problema con uno de los dispositivos, solo ese dispositivo se ve afectado y no necesariamente el resto de la instalación. Son sistemas con menos cableado, con funcionamiento más seguro y de fácil instalación y ampliación. Como inconveniente podemos mencionar la necesidad de programación de cada controlador, aunque puede ser programación remota y centralizada.

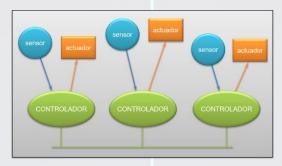


Figura 4: Arquitectura distribuida

3.3 Medios de transmisión y sistemas de control domótico estándares.

Para conectar los elementos que forman el sistema domótico podemos encontrar diversas tecnologías y estándares de comunicación que agrupamos en tres categorías en función del tipo de medio de comunicación utilizado:

- Corrientes portadoras (PLC, Power Line Carrier). Es una opción que consiste en aprovechar el
 cableado de la red eléctrica ya existente en la vivienda, con lo que se consigue un coste
 reducido de instalación a costa de tener prestaciones reducidas con menor fiabilidad y
 velocidad, sobre todo en sistemas antiguos como X-10. Diversos sistemas posteriores como
 KNX o LonWorks especifican comunicaciones PLC más fiables. Es un sistema que puede ser
 útil para viviendas ya construidas
- Redes cableadas. Otra opción consiste en usar cableado específico para la instalación domótica. Es un sistema más costoso pero ofrece mejores prestaciones. Existen redes de control cableadas de alta funcionalidad como KNX y Lonwork, y redes de control específicas para control de luz como el sistema DALI, o el DMX512 para control de escenarios.
- Conexiones inalámbricas. Una alternativa a los sistemas cableados son los sistemas inalámbricos, que permiten disponer de altas prestaciones sin necesidad de realizar una instalación de cable o disponer de ella. Dentro del hogar podemos utilizar distintas tecnologías inalámbricas como los infrarrojos (IR) para mandos a distancia, sistemas de radio UHF para control remoto (en la banda de 433MHz en Europa), Bluethooth y NFC para interconexión de equipos, sistemas de identificación RFID (también NFC) para control de accesos, redes de comunicación inalámbrica de datos como Wi-Fi que se utiliza ampliamente







también para control dada su disponibilidad en prácticamente todos los hogares, y tecnologías inalámbricas específicas para redes de control domótico como Z-Wave, EnOcean, KNX-RF y Zigbee-HA.

A continuación veremos algunas de esas tecnologías específicas para el control domótico.

4. X10

Es considerada la primera tecnología domótica desarrollada, diseñada por *Pico Electronics* en Escocia entre los años 1975 y 1978. Pese a las décadas transcurridas ha seguido siendo hasta fechas recientes un sistema popular debido a la gran diversidad de dispositivos disponibles, la facilidad de instalación gracias a su filosofía *Plug&Play*, su

facilidad de manejo y su bajo precio. Hay que destacar también la gran influencia que ha ejercido sobre los sistemas domóticos que han ido desarrollándose con posterioridad.

Utiliza comunicaciones a través de la red eléctrica de baja tensión (PLC, Power Line Carrier), transmitiendo datos a muy baja velocidad (60 bps en EEUU y 50 bps en Europa). La modulación empleada es muy sencilla: inserción en los cruces por cero de la onda senoidal de una señal de 120 KHz durante 1 milisegundo (ráfaga), quedando determinada la velocidad de comunicación por la frecuencia de la red eléctrica. Con la inserción o no de esas ráfagas se codifican los *ceros*, *unos* y *códigos de inicio* tal y como se muestra en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

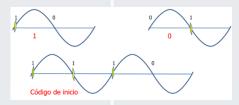


Figura 5: Codificación de bits en X10

A cada dispositivo se le configura una dirección de entre las 256 direcciones posibles: 16 casas x 16 dispositivos. La dirección se establece normalmente mediante dos pequeños conmutadores giratorios: código de vivienda de 16 letras (A–P) y número de unidad, con 16 números (1–16).

Hay tres tipos de dispositivos que se comunican en X10: transmisores que solo transmiten órdenes, receptores que solo las reciben y dispositivos bidireccionales que pueden tanto transmitir como recibir. Los dispositivos transmisores envían las órdenes a los receptores que tengan su misma dirección. El control también se puede realizar utilizando teclados, temporizadores, controles por radio (433MHz) e infrarrojos, interfaces de ordenador y pasarelas IP.

El protocolo de comunicación se basa en el envío desde un transmisor hacia uno o varios receptores, o bien de una orden de selección de dispositivo, indicando el código de la casa (A–P) y el código de dispositivo (1–16), o de una orden de función indicando el código de la casa (A–P) y un código asociado a la función a realizar. Existen múltiples funciones utilizadas por el protocolo entre las







cuales están encender (ON), apagar (OFF), todo ON, todo OFF, cambiar la intensidad (DIM), cambiar el brillo (BRIGHT), etc.



Figura 6: Módulo X10. https://www.domoticalia.es/82-thickbox_default/am12w.jpg

5. KNX

KNX es un protocolo de comunicación desarrollado para el control y la automatización de viviendas y edificios [3] [4]. Se trata de un sistema abierto, estandarizado a nivel europeo e internacional, habiendo más de 500 fabricantes que incorporan el protocolo KNX a sus dispositivos.

En 1996 las asociaciones de BatiBUS, EIB (*European Installation Bus*) y EHS, los tres sistemas más representativos de Europa, se unen auspiciados por la Unión Europea con el objetivo de crear un único estándar para la automatización de viviendas y oficinas que sea abierto e interoperable, creando para tal fin la asociación KNX en 1999 [5]. La primera versión de las especificaciones de KNX se presenta en 2002. El estándar se recoge en la norma europea EN 50090, en la norma internacional ISO/IEC 14543-3, en la norteamericana ANSI/ASHRAE 135, y en la china GB/Z 20965.

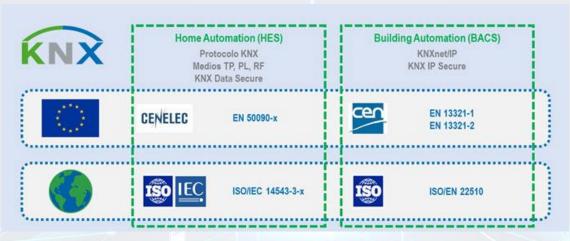


Figura 7: Estándares KNX. [3]







5.1 Medios de transmisión

KNX puede usar distintos medios de transmisión: par trenzado (KNX.TP) con dos especificaciones, aprovechando la norma EIB equivalente a 9600 bps (TP1) y la norma EHS equivalente (TP0) a 4800bps; a través de la red eléctrica mediante ondas portadoras (KNX.PL), también con dos especificaciones que recogen la norma EIB equivalente (PL110) y la norma EHS equivalente (PL132); dispositivos con protocolo de internet (KNX.IP), con el propósito de configurar una red troncal de alto rendimiento entre áreas o líneas TP1 y proporcionar acceso a otras redes IP; radiofrecuencia (KNX.RF), aprovechando la norma EIB.RF; e infrarrojos (KNX.IR) para mandos a distancia.

5.2 Arquitectura y topología de KNX

Una instalación KNX es una colección de dispositivos organizados en red con una arquitectura descentralizada, no siendo necesario ningún dispositivo de control central. Los dispositivos KNX se configuran individualmente y funcionan de modo independiente, incorporando todos un microcontrolador propio.

En KNX se usan distintos tipos de elementos: actuadores (relés, reguladores dimmer), sensores (botoneras y pantallas; detectores de movimiento, presencia, luminosidad, etc.; entradas digitales y analógicas), cable bus y bloques o terminales de conexión, fuentes de alimentación, acopladores de área, de línea y de segmento, amplificadores, repetidores, y pasarelas.



Figura 8: Dimmer KNK de Zennio.

La red del KNX se estructura de forma jerárquica [6]. La unidad más pequeña del bus es el *segmento de bus* que permite conectar hasta 64 dispositivos.

Se pueden unir hasta 4 segmentos mediante amplificadores para formar una *línea* con un máximo de 255 dispositivos. Para formar un *área* se conectan a una *línea principal* hasta 15 líneas a través de *acopladores de línea*, y se pueden agrupar hasta 15 áreas







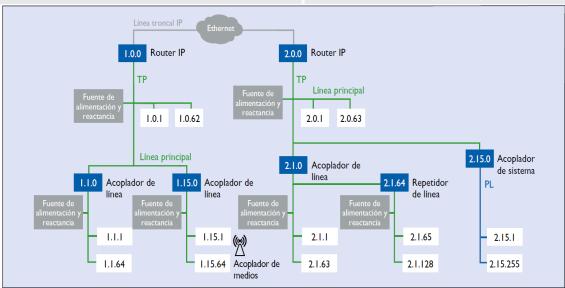


Figura 9: Ejemplo de una topología KNX incorporando todos los medios (TP, PL, RF, IP). Fuente: knx.es

por sistema conectándolas a la línea de áreas, o backbone, mediante acopladores de área.

Cada dispositivo tiene una *dirección física* de 16 bits asociada que le identifica unívocamente y que está determinada por la localización de éste en la red. Cada dirección se divide en área, línea dentro del área, y número de dispositivo en la línea, y se representa por tres números. Por ejemplo, la dirección 12.3.34 correspondería al dispositivo 34 de la línea 3 del área 12. Si el área es el 0 el dispositivo está en la línea de áreas, si la línea es el 0 el componente está en la línea principal y si el dispositivo es el 0 es un acoplador de línea o de área.

En una instalación KNX pueden coexistir distintos medios de transmisión haciendo uso de los correspondientes acopladores de segmentos, de líneas y de áreas. Por ejemplo, una instalación puede tener un *backbone* IP, líneas principales y líneas TP, y algún segmento RF. En una instalación TP1, los dispositivos se conectan al cable bus de par trenzado que soporta la comunicación a 9,600 bps. En cada segmento del bus se dispone una fuente de alimentación de 29Vdc que suministra la energía a los dispositivos conectados al bus.

5.3 Objetos de grupo

Cada dispositivo KNX contiene puntos de datos que en KNX se llaman *objetos de grupo* (también *objetos de comunicación*). Un objeto de grupo representa, por ejemplo, la apertura y cierre de un relé o la pulsación de una tecla. Los objetos pueden ser conectados entre sí formando *grupos* mediante enlaces virtuales denominados *direcciones de grupo*. Únicamente los objetos con la misma longitud de datos pueden agruparse mediante una dirección de grupo. Dentro de un grupo debe haber al menos un objeto de salida y un objeto de entrada. Los objetos de entrada actualizan su valor







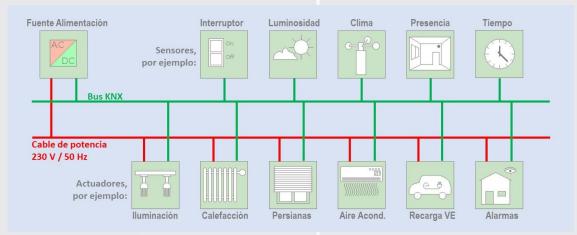


Figura 10: Ejemplo de instalación KNX.TP. Fuente: knx.es

a través de un telegrama recibido desde el bus (por ejemplo la apertura/cierre de un relé de un actuador). Los objetos de salida publican su valor mediante un telegrama enviado al bus (por ejemplo la acción sobre un pulsador).

5.4 Configuración de dispositivos KNX

Para la configuración de los dispositivos KNX se usan tres modos básicos:

• Con el modo S (*System mode*) los nodos son instalados y configurados con ayuda de software de configuración específico ETS. Una única herramienta independiente de cualquier fabricante, ETS® (= *Engineering Tool Software*) permite planificar, programar y poner en marcha proyectos KNX con todos los dispositivos KNX certificados. Con esta herramienta puede combinar el integrador diferentes aplicaciones con productos de diferentes fabricantes. En la actualidad, 2021, se puede descargar desde la web de KNX la versión ETS6.

- En el modo E (*Easy mode*) de configuración sencilla los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Dependiendo del dispositivo puede ser necesario configurar algunos detalles durante la instalación.
- En el modo A (*Automatic mode*) de configuración automática ni el instalador ni el usuario final tienen que configurar el dispositivo (*plug and play*). Este modo está especialmente indicado para ser usado en electrodomésticos, equipos de entretenimiento y proveedores de servicios.







5.5 KNX Virtual

KNX Virtual es una aplicación basada en Windows que permite simular una instalación KNX. Gracias a esta aplicación es posible familiarizarse con la creación de rutinas y la conexión de dispositivos con software ETS6 sin necesidad de contar con una instalación de dispositivos reales.

5.6 KNX IoT



Durante 2021 KNX ha completado las especificaciones de la API de terceros para IoT: KNX IoT 3rd Party API. La API de terceros se ha diseñado de manera que sea compatible con una interfaz websocket para, por ejemplo, la integración directa en la nube con

comunicación bidireccional. Actualmente KNX trabaja en las especificaciones de *KNX IoT Point API*, una solución que permite la comunicación IoT de sensor/actuador (grupo) mediante IPv6. Estas especificaciones KNX IoT abren la puerta para que el ecosistema KNX pueda comunicarse de forma abierta y estandarizada con otros ecosistemas, aunque no sean KNX.

El software ETS6 utiliza KNX IoT para conectarse al mundo «no KNX». En el software ETS6, se trabaja mediante objetos en una interfaz de usuario gráfica (GUI) imitando sus equivalentes del mundo real en cuanto a la forma en que aparecen y/o cómo un usuario puede interactuar con ellos. Al tener mayor apertura al «mundo no KNX», KNX IoT posibilita la instrumentación de la información semántica del proyecto y el etiquetado. En el software ETS6, el IoT ha ampliado esta información semántica para cubrir ubicaciones, funciones, puntos de función, canales, objetos de grupo y más.

6. LonWorks



Es una tecnología abierta propietaria desarrollada por *Echelon Corporation* a principios de los 90 y de gran utilización para control industrial y para aplicaciones de domótica y control de edificios. Un

organismo independiente, *LonMark Association*, se encarga de la certificación de productos compatibles (*LonMark*). Las especificaciones se recogen en las normas ISO / IEC 14908.1, ANSI / CEA 709.1 para redes de control (US), EN 14908 para Control de Edificios (UE), y GB / Z 20177,1-2.006 para redes de control y Control de Edificios (China).

Basada en una arquitectura descentralizada, que permite distribuir la "inteligencia" entre los sensores y los actuadores instalados en la vivienda, puede utilizar distintos medios físicos de transmisión como par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, red eléctrica (PLC) o radiofrecuencia.

La red *LonWorks* o red LON (*Local Operating Network*) se estructura en **segmentos**, un medio de comunicación (puede ser par trenzado, fibra óptica, radio, etc.) al que se conectan hasta 64 nodos, en cada uno de los cuales hay un microcontrolador que recoge la información de la red y la comunica a los actuadores; **canales de comunicación** formados por varios segmentos se pueden unir con repetidores físicos para formar un canal con hasta 127 nodos por canal; y la red completa, **red LonWorks**, formada por dos o más canales interconectados por *routers*.

LonTalk® es el protocolo de LonWorks, y define la manera en que los nodos intercambian información. Permite su integración en redes BACnet más complejas. Los mensajes pueden ser enviados usando diferentes métodos de direccionamiento: dirección Lógica compuesta por los









campos Dominio, Subred, y Nodo; dirección de **Grupo**, usada cuando se envía un mensaje a múltiples módulos; y dirección **Física**, o *Neuron ID*, que es una dirección de 48 bits, única y fija para cada nodo y sólo es usada para la configuración de la red.

Cualquier dispositivo o nodo LonWorks de la red está basado en un circuito llamado *Neuron Chip* fabricado con licencia de *Echelon* por Toshiba, Cypress y Motorola, cuyo firmware incorpora el protocolo *LonTalk*.

Hay diversas herramientas a disposición de desarrolladores e instaladores: LonManager® DDE Server es el servidor de comunicaciones entre la aplicación SCADA o software de supervisión y la red física LonWorks; LNS® (LonWorks Network System) es el sistema operativo en el que se basan los productos de LonWorks; LonMaker® es una herramienta para instalar y mantener Redes LonWorks; y NodeBuilder® es el entorno de desarrollo de aplicaciones en *Neuron-C*, que es lenguaje basado en el estándar ANSI C que se utiliza para programar los *Neuron chips*.

7. DALI

Digital Addresable Lighting Interface (DALI), o interfaz de iluminación digital direccionable, es un sistema de comunicación de complejidad media específico para el control de iluminación [7] mantenido por Digital Illumination Interface Alliance (DiiA) [8]. Las especificaciones se recogen en las norma IEC 62386.

Como medio de transmisión usa un cable de cinco hilos sin terminaciones: 2x DA sin polaridad para la comunicación (gris y negro), tierra (amarillo/verde), fase (marrón) y neutro de la red eléctrica (azul). Usa una tensión de bus de 16V (de 9,5V a 22,5V) que permite alimentar los dispositivos conectados, con una corriente máxima del bus de 250mA y 2mA por dispositivo. Permite comunicaciones con distancia de cableado de hasta 300 metros a una velocidad de transmisión de 1200 bps. Es un sistema distribuido que utiliza una codificación Mánchester.

Los dispositivos se acceden de forma individual (hasta 64 direcciones), por grupos (hasta 16 grupos) o de forma simultanea mediante multidifusión (*broadcast*).

En el mercado están disponibles balastos y equipos electrónicos DALI adecuados para todos los tipos de lámparas, ya sean lámparas halógenas, fluorescentes, bombillas incandescentes, LEDs, LEDs RGB, etc.

Muchos de los ajustes y valores de iluminación se almacenan en los balastos y equipos electrónicos de iluminación: configuración de escenas (hasta 16 diferentes), tiempos configurables como los de encendido y apagado (fade time), velocidad del cambio (fade rate), estado de conexión (ON/OFF), regulación de la luminosidad, del color y de la temperatura de color (luz cálida/fría), límites de regulación (máx/mín), etc. Además se puede establecer una regulación logarítmica de iluminación ajustada a la sensibilidad del ojo humano según la norma IEC 62386. La comunicación es bidireccional con confirmación del estado del aparato (lámpara on/off, nivel de iluminación, fallo en lámpara o equipo electrónico).







Aunque es una tecnología de complejidad media, se dispone de pasarelas para integrarlo en sistemas más complejos como KNX (Figura) o LonWorks, y para conectar los sistemas DALI directamente a internet y poder ser operados desde la nube.

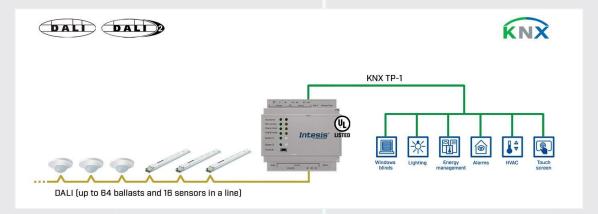


Figura 11: Pasarela KNX-DALI. https://www.intesis.com

Como por ejemplo el sistema DALI PRO 2 IoT de OSRAM de la Figura que incorpora una puerta de enlace que proporciona una forma sencilla de acceder a las aplicaciones en la nube, disponiendo además de una interfaz gráfica de usuario basada en navegador para una puesta en marcha intuitiva y sencilla.



Figura 12: DALI PRO 2 IoT, OSRAM.

Las nuevas especificaciones D4i™ habilitan DALI para luminarias inteligentes listas para IoT: se han introducido diferentes opciones de conectividad a través de redes inalámbricas y basadas en IP y se ha agregado la nueva marca DALI + ™.

8. Z-Wave

Z-Wave es un protocolo propietario de comunicación inalámbrica utilizado principalmente en domótica [9]. Este protocolo permite el control inalámbrico de electrodomésticos y otros dispositivos, además del control a través de Internet. Fue desarrollado en 1999 por la empresa danesa Zensys, lanzando la primera serie de dispositivos en 2003, serie 100, en 2005 la serie 200 (chip ZW0201 de alto rendimiento y bajo coste basado en el microcontrolador de Intel 8051), y en 2013 la serie 500, sistema conocido como Z-Wave Plus con cuatro veces más memoria, rango mejorado y mayor duración de la batería. Esta tecnología comenzó a imponerse en USA alrededor de 2005, creándose entonces la Z-Wave Alliance [10] con objetivo de promover su









uso. La tecnología Z-Wave fue adquirida por *Silicon Labs* [11] en 2018, y ya en enero de 2019 había más de 2600 productos interoperables certificados por Z-Wave.

Utiliza modulación FSK en bandas ISM operando en las frecuencias 868,4 MHz para Europa (CEPT) y 908,4 MHz para Norteamérica, con velocidad de datos entre los 9,6 kbit/s de los primeros chips y los 40 kbit/s de serie 500.

Tiene una arquitectura de red mallada con enrutamiento en origen que posibilita enviar la información a través de nodos encaminadores intermedios. Cada red puede estar formada con hasta 232 dispositivos, pero es posible puentear varias redes si las necesidades lo requieren. Los controladores envían las órdenes a los dispositivos esclavos controlados, para lo cual deben conocen toda la topología de la red. Al menos debe existir un controlador primario que mantiene la información de la topología de la red y es el responsable de la asociación de dispositivos. Los dispositivos esclavos solo pueden recibir y responder con mensajes de reconocimiento.

En 2013 se descubrió una vulnerabilidad en la implementación del cifrado AES de cerraduras de puerta Z-Wave que podía explotarse para desbloquear remotamente las puertas sin necesidad de conocer las claves del cifrado [12]. En 2016 la Z-Wave *Alliance* introdujo un nuevo estándar para el sistema de seguridad, conocido como *Security 2*, que proporciona seguridad avanzada, pero debido a la necesidad de compatibilidad con versiones anteriores (*SO*) los dispositivos S2 siguen siendo vulnerables durante el proceso de emparejamiento [13].

Las especificaciones de las capas Física y MAC de Z-Wave están estandarizadas globalmente por la *Unión Internacional de Telecomunicaciones* desde 2015 como radio ITU 9959 [14], y las especificaciones de interoperabilidad, seguridad (S2), *middleware* y Z-Wave sobre IP de Z-Wave se abrieron al dominio público en 2016, haciendo que Z-Wave sea altamente accesible para los desarrolladores de IoT.

9. EnOcean

EnOcean es una empresa alemana derivada de Siemens que trabaja en tecnologías *wireless* y de captación de energía, usada, principalmente en sistemas automáticos en edificios. No ha presentado ningún estándar pero ofrece su tecnología bajo la licencia de la *EnOcean Alliance*.

La idea se desarrolló para permitir sensores e interruptores sin baterías para automatización en edificios. La tecnología *EnOcean* se basa en la obtención de la energía del entorno, por ejemplo mediante elementos piezoeléctricos se puede obtener energía mecánica, térmica a partir de diferencias de temperatura, luminosa usando células fotovoltaicas, o electromagnética con una antena. Para poder alimentarse con muy poca energía captada del entorno usa un protocolo energéticamente eficiente con telegramas cortos (14 bytes) de poca duración de la transmisión (<1 ms), baja velocidad, sin reconocimiento *end-to-end*, con pocas colisiones y repetición de telegramas con intervalos aleatorios. La radio que provee *EnOcean* en Europa usa un canal ISM a 868.3 MHz y modulación ASK.







10. Zigbee

Zigbee es un estándar de comunicación para redes inalámbricas de sensores (WSN, Wireless Sensor Networks) que se desarrolla a partir de finales de los noventa. La primera normalización se aprueba a finales de 2004 y especifica un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica de bajo consumo, con base en el estándar IEEE 802.15.4 [15] de redes inalámbricas de área personal (WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones malladas seguras, de bajo coste, fácil integración, con baja tasa de envío de datos y muy bajo consumo energético. Una de las aplicaciones donde esta tecnología se ha introducido con fuerza es en la domótica. [16]

El estándar es mantenido por la Zigbee Alliance, ahora transformada en la *Connectivity Standards Alliance* [17] que también gestiona el futuro estándar *Matter*.

Zigbee se basa en el nivel físico y el control de acceso al medio (MAC) definidos en el estándar IEEE 802.15.4, añadiendo las capas de red y de aplicación y especificando además distintos perfiles de aplicación como el de domótica (Zigbee Home Automation) publicado en noviembre de 2007.

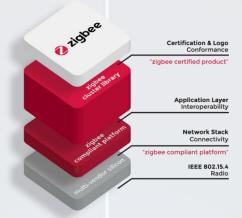


Figura 13: Stack de Zigbee [17]

Zigbee utiliza bandas de radio ISM: 868 MHz en Europa, 915 MHz en Estados Unidos y 2,4 GHz, más común, para todo el mundo.

IEEE 802.15.4 especifica dos tipos de dispositivo basándose en su funcionalidad:

- Dispositivo de funcionalidad completa (FFD): puede funcionar como Coordinador o Enrutador Zigbee, o ser usado en dispositivos de red que actúen de interfaz con los usuarios o de pasarela con otras redes.
- Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD): tiene capacidad y funcionalidad limitadas
 (especificada en el estándar) con el objetivo de conseguir un bajo coste, muy bajo consumo y
 una gran simplicidad. Reduce su consumo gracias a que puede permanecer dormido la mayor









parte del tiempo, despertando en un tiempo ínfimo cuando se requiere, para volverse a dormir cuando deje de serlo. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red.

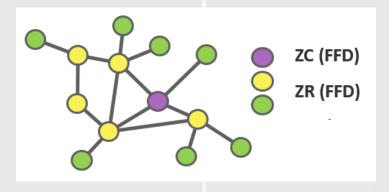


Figura 14: Red Zigbee/802.15.4

Se definen tres tipos distintos de dispositivo Zigbee según su papel en la red:

- Coordinador Zigbee (Zigbee Coordinator, ZC). Se encarga de iniciar la formación de la red. Debe ser un dispositivo FFD y puede actuar como Router.
- Router Zigbee (Zigbee Router, ZR). Puede actuar como encaminador entre dispositivos, necesitando también funcionalidad completa (FFD). Zigbee funciona con encaminamiento dinámico multi-hop distribuido, permitiendo el establecimiento de rutas alternativas en caso de fallo de algún nodo.
- Dispositivo final (Zigbee End Device, ZED). Requiere la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un enrutador), pero no puede encaminar información. Será por tanto un dispositivo con funcionalidad reducida (RFD) que puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías.

Como ejemplo de aplicación en Domótica, en una casa tendríamos diversos Dispositivos Finales (como un interruptor y una lámpara) y una red de interconexión realizada con *Routers Zigbee* y formada en su inicio por un *Hub* actuando como Coordinador.

Existen muchos dispositivos comerciales para domótica con comunicaciones Zigbee, como los sistemas Hue de Phillips, Tuya Zigbee, Xiaomi MI o el altavoz inteligente Echo Plus de Ámazon.

No obstante los diversos problemas de compatibilidad entre distintos fabricantes ha motivado la unión de los principales fabricantes y desarrolladores con la Zigbee Alliance para el desarrollo de un nuevo estándar inalámbrico abierto para domótica: *Matter*.











Figura 15: Sistema ZigBee 3.0, Tuya.

11.Thread

Thread es una tecnología de red mallada de bajo consumo basada en IPv6 para productos de IoT. En 2014 se formó la alianza Thread Group [18] para proporcionar certificación Thread para los productos. Entre sus miembros se encuentran Google, OSRAM, Samsung, Amazon o Apple, entre otros muchos. La especificación del protocolo Thread está disponible sin coste pero la membresía en Thread Group es necesaria para implementar, practicar y distribuir la tecnología Thread y las especificaciones de Thread Group. Google ha lanzado una implementación de Thread de código abierto con licencia BSD, llamado "OpenThread".



Figura 16: HomePod Mini de Apple con tecnología Thread









Una de las diferencias más importantes con *ZigBee* consiste en que mientras este último utiliza un direccionamiento derivado del IEEE 802.15.4, *Thread* usa 6LoWPAN sobre IEEE 802.15.4, por lo que su direccionamiento es IPV6 y puede comunicarse directamente en internet sin necesidad de pasarelas. Por otro lado, *ZigBee* implementa perfiles de aplicación, como el perfil de *Home Automation*, mientras que Thread no implementa la capa de aplicación. Dado que las capas de nivel superior se implementan en software en lugar de hardware, *Thread* y *Zigbee* se pueden implementar como diferentes variantes de software sobre hardware común IEEE 802.15.4 [19].

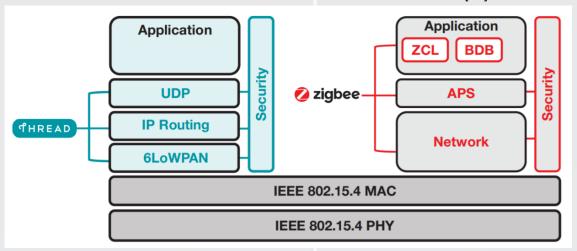


Figura 17: Stack de Thread vs. stack de Zigbee [19].

12.Matter

Matter pretende ser un estándar unificador de la industria prometiendo conectividad segura, interoperable, confiable y sencilla [20]. Con matter se simplificará el desarrollo para los fabricantes y aumentará la compatibilidad para los consumidores. Basado en tecnologías comprobadas y comunicaciones IP está dirigido por la Connectivity Standards Alliance, anteriormente Zigbee Alliance.



Figura 18: Dispositivo matter. https://csa-iot.org/









La idea surge en 2019 cuando se comenzó a avanzar en la creación de una alianza bajo la denominación *Project Connected Home over IP* (CHIP, renombrado posteriormente *matter*) que contaba con el apoyo inicial de Amazon, Apple, Google, Samsung y la *Zigbee Alliance*, sumándose después decenas de empresas como IKEA, *Legrand*, Schneider Electric o *Silicon Labs* entre otras. A finales de 2021 participan más de 200 empresas en el proyecto. El objetivo es desarrollar y promover la adopción de un nuevo estándar de conectividad gratuito para aumentar la compatibilidad entre productos de domótica que estará basado en IP, el protocolo de Internet. *Matter* propone un funcionamiento transparente con todos los asistentes de voz actuales, incluyendo *Alexa* de *Amazon*, *HomeKit* con *Siri*, *Google Assistant*, *SmartThings* y otros. Además, funcionará sobre estándares de comunicación y conectividad actuales como *Ethernet* (802.3), Wi-Fi (802.11), *Zigbee* (802.15.4) y *Bluetooth* LE.

13. Referencias bibliográficas

- [1] WikipediA, «Home Network,» [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Home_network
- [2] Telefónica de España, Libro Blanco del Hogar Digital y las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, 2003.
- [3] Asociación KNX España, «¿Qué es KNX?,» 05 2021. [En línea]. Available: https://www.knx.es/data/landingsfiles/7 Qu%C3%A9%20es%20KNX.pdf [Último acceso: 29 10 2021]
- [4] WikipediA, «KNX,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/KNX
- [5] «KNX,» [En línea]. Available: https://www.knx.org/
- [6] Asociación KNX, «Conocimientos básicos del estándar KNX,» 2021. [En línea]. Available: https://www.knx.es/download.php?file=71.
- [7] WikipediA, «Digital_Addressable_Lighting_Interface,» [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Addressable_Lighting_Interface.
- [8] «DALI Alliance,» [En línea]. Available: https://www.dali-alliance.org/.
- [9] WikipediA, «Z-Wave,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Z-Wave.
- [10] «Z-Wave Alliance,» [En línea]. Available: https://z-wavealliance.org/.
- [11] «Silicon Labs,» [En línea]. Available: https://www.silabs.com
- [12] B. Fouladi y S. Ghanoun, «Security Evaluation of the Z-Wave Wireless Protocol,» 2013. [En línea]. Available:
- https://sensepost.com/cms/resources/conferences/2013/bh zwave/Security%20Evaluation%20of% 20Z-Wave WP.pdf.
- [13] S. Khandelwal, «Z-Wave Downgrade Attack Left Over 100 Million IoT Devices Open to Hackers,» The Hacker News, 25 05 2018. [En línea]. Available: https://thehackernews.com/2018/05/z-wave-wireless-hacking.html. [Último acceso: 27 10 2021].







[14] ITU, «G.9959: Transceptores de radiocomunicación digital de corto alcance y banda estrecha - Especificaciones de las capas PHY, MAC, SAR y LLC,» 2015. [En línea]. Available: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9959/es.

- [15] WikipediA, «IEEE_802.15.4,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4.
- [16] WikipediA, «ZigBee,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Zigbee.
- [17] «Connectivity Standards Alliance,» [En línea]. Available: https://csa-iot.org/.
- [18] hreadgroup, «threadgroup,» [En línea]. Available: https://www.threadgroup.org/.
- [19] Texas Instruments, «Thread and Zigbee for home and building automation,» 2018. [En línea].

Available: https://www.ti.com/lit/wp/sway012/sway012.pdf?ts=1639855906560.

[20] CSA, «Matter,» [En línea]. Available: https://buildwithmatter.com/.









Módulo 4. IOT Y DOMÓTICA

4.4 UN ESCENARIO REAL

Por Francisco Gómez

Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Universidad de Granada.

1. Siglas utilizadas

- ACS: Asociación de Ciencias Ambientales.
- AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.
- CEDOM: Asociación Española de Domótica e Inmótica.
- CRA: Central Receptora de Alarmas.
- GUI: Graphical User Interface (Interfaz gráfica con el usuario).
- HA: Home Assistant (asistente para el hogar).
- MQTT: Message Queue Telemery Transport. Protocolo para comunicación maquina a máquinad (M2M, Machine to machine)
- IDE: Intefrated Development Environment. Software para Desarrollo de aplicaciones (en placas de desarrollo con microcontroladores)
- ITC: Instrucción Técnica Complementaria.
- PIR: Pasive Infrared. Pasivo infrarojo, se refiere a detectores de infrarrojos que detectan sólo determinadas fuentes de energía tales como el calor del cuerpo humano o animales.
- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- HBES: Requisitos generales para sistemas electrónicos para viviendas y edificios.
- BACS: Sistemas de automatización y control de edificios.
- ZHA: Zigbee Home Automation.

2. Introducción

En este módulo vamos a describir algunos elementos de una instalación real de control domótico que incluye distintas tecnologías y formas de interconexión de dispositivos a Internet, incluyendo interfaces de usuario basadas en web, app móviles y asistente de voz. El control se realiza sobre una vivienda unifamiliar con una superficie total aproximada de 300 m², distribuidos en tres plantas (sótano, planta baja y planta superior), situada en una parcela con jardín que incluye piscina y una fuente.

Uno de los objetivos de esta instalación es servir como demostración de distintos conceptos, tecnologías y funcionalidades de la domótica, por lo que difiere significativamente de una instalación domótica convencional: se ha optado por el uso de tecnologías heterogéneas, diversificación de fabricantes y desarrollo propio de algunos dispositivos frente a la homogeneidad normalmente recomendada para las instalaciones domóticas.







3. La normativa. Niveles de domotización.

En España, las normas de obligado cumplimiento para las instalaciones domóticas e inmóticas quedan principalmente recogidas en el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* (REBT), que establece las condiciones técnicas y garantías que debe reunir una instalación eléctrica de baja tensión con la finalidad preservar la seguridad de las personas y los bienes, asegurar el normal funcionamiento de las instalaciones, evitar perturbaciones en otras instalaciones y servicios, y contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones. La *instrucción técnica complementaria* ITC-BT 51 del REBT se aplica específicamente a los sistemas de automatización y gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios. En esta ITC se establecen los requisitos mínimos de la instalación de los sistemas domóticos y comprende a las instalaciones de sistemas no independientes que realizan alguna función de automatización.

Los distintos aspectos normativos y recomendaciones a considerar en las instalaciones de domótica se recogen en los informes de AENOR incluidos en la norma *UNE-EN 50491 "Requisitos generales para sistemas electrónicos para viviendas y edificios (HBES) y sistemas de automatización y control de edificios (BACS)"*. La Asociación Española de Domótica e Inmótica, CEDOM, ofrece una tabla de evaluación del grado de domotización de las instalaciones [1] que está basada en el Informe correspondiente a la parte 6-3 de la norma *UNE-EN 50491*: "Instalaciones HBES. Evaluación y definición de niveles" [2]. Además de definir y conocer el nivel de automatización, la herramienta de la CEDOM puede usarse para obtener la certificación AENOR de la instalación domótica.

Se entiende por **nivel de domotización** o **nivel domótico**, la calificación asignada a una instalación domótica como resultado de la ponderación de los dispositivos existentes y las aplicaciones domóticas cubiertas. La certificación define tres calificaciones basándose en el principio de alcanzar un nivel considerado como mínimo (Nivel 1), uno superior valorado como intermedio (Nivel 2) y finalmente, el estimado como excelente (Nivel 3). Un sistema se considera domótico si alcanza el Nivel 1. La vivienda considerada como ejemplo tiene un nivel intermedio/alto de domotización que puede determinarse a partir de la Tabla 1 de evaluación del grado de domotización.



Figura 1 Evaluación del nivel domótico (CEDOM)







Tabla 1. Dispositivos y funcionalidades para la evaluación del grado de domotización	
Dispositivos	Nº dispositivos o condición
Seguridad	
Detectores de presencia contra intrusión	3
Teclado codificado, llave electrónica, o equivalente	1
Sirena	1
Contactos en ventanas y puertas	En puntos de fácil acceso
Mantenimiento de alimentación en caso de fallo de	Sí
Cámaras	2
Sistema conectable con central de alarmas	Sí
Detectores de inundación necesarios en zonas húmedas	Los necesarios
Detector de incendios	2
Simulación de presencia relacionada con:	Puntos de luz
Iluminación	
Regulación lumínica con control de escenas	Salón, escaleras, dormitorios y
En jardín mediante interruptor crepuscular u horario	Sí
Conexión/desconexión general de iluminación	No
Control puntos de luz y tomas de corriente más	80% de puntos de luz
Calefacción y ACS	
Termostatos	4
Programaciones	
Posibilidad de realizar programaciones horarias	Sí
Gestor energético	Sí
Interfaces	
Asistente por voz	Sí
Interfaz web	Sí (Home Assistant)
App móvil	Sí (Home Assistant)
Otros	
Dispositivos conectables a empresas suministradoras	3
Multimedia	WiFi, Smart TV,
Número de aplicaciones domóticas cubiertas	10
Control de persianas y toldos	No
Videoportero	Sí, conectado
Control de riego integrado en el sistema domótico	Sí, 4 sectores
Control de la piscina	Luz y depuradora
Estación meteorológica	Sí, incluye humedad del suelo

4. Centro de control del sistema domótico.

El sistema se ha implementado en torno a un **centro de control** basado en **Home Assistant (HA)** [3], un software de código abierto para la automatización del hogar, instalado en una placa de microcomputador **Raspberry Pi 4** [4].

La *Raspberry* está conectada mediante Ethernet a la **pasarela residencial** de la vivienda que a través de fibra óptica establece el acceso a **internet**. *HA* incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI) basada en web accesible desde internet. La pasarela incluye además un **punto de acceso WiFi** que enlaza varios de los dispositivos instalados en la vivienda.









Como pasarela Zigbee utilizamos un **Zigbee 3.0 USB Dongle Plus** de SONOFF conectado a un puerto USB de la Raspberry Pi, que integrado en *HA* con *ZHA* (*Zigbee Home Automatión*) permite incluir en el sistema dispositivos Zigbee.

La Figura 2 muestra la estructura del sistema de control domótico completo.

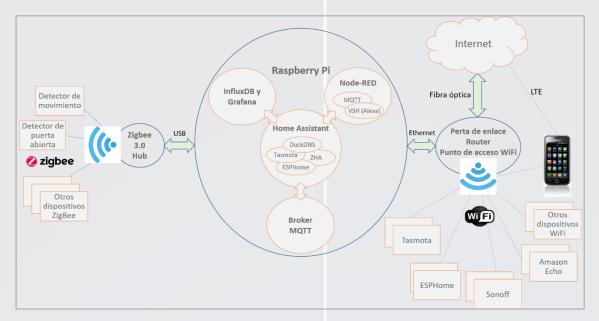


Figura 2 Estructura del sistema de control domótico

4.1 Complementos en el centro de control

HA dispone de la posibilidad de instalar complementos que facilitan la implementación de determinadas funciones o que integran poderosas herramientas, aplicaciones y servicios que ofrecen capacidades casi ilimitadas al sistema. Entre otros se ha instalado Mosquitto, Node-RED, InfluxDB, Grafana y DuckDNS.

Mosquitto [5]), es un servidor MQTT [6] que actúa como intermediario (bróker) de las comunicaciones de diversos dispositivos: tasmota (0), estación meteorológica y sensor de humedad del suelo del jardín.

Node-RED [7] se usa para realizar diversas automatizaciones y comunicaciones complejas, y para comunicar *HA* con el asistente virtual *Alexa*.

InfluxDB [8] es una base de datos para series temporales que facilita el almacenamiento y procesamiento de la información por largos periodos de tiempo, y Grafana [9] permite representaciones visuales de calidad con los datos almacenados en InfluxDB.

DuckDNS ofrece comunicación segura desde el exterior de la vivienda, instalando y manteniendo certificados Let's Encrypt [10], una Autoridad de Certificación gratuita, automatizada y abierta, y







actualizando periódicamente el DNS dinámico gratuito *DuckDNS* [11] usado para el acceso al sistema desde el internet.

5. Dispositivos

En la vivienda se han instalado diversos dispositivos de control domótico que permiten controlar distintas áreas:

- **Iluminación**: control con programación horaria de las luces de la *caseta*, de la piscina, de la *cancela*, de un *farolillo*, del *taller* y de dos *lámparas* de un salón.
- Calefacción y ACS: medida de la temperatura interior, del exterior de la vivienda y del ACS y control de las bombas de circulación del ACS y calefacción.
- Riego de jardines: control de cuatro electroválvulas para riego de distintos sectores y medida de diversos parámetros meteorológicos incluyendo la humedad del suelo.
- **Control de bombeos**: se controla el encendido y apagado de la depuradora de la piscina y de la bomba de una fuente del jardín.
- **Seguridad**: para ilustrar el funcionamiento de un sistema de seguridad se ha instalado un detector de puerta abierta y un detector de movimiento interior. No describimos aquí el sistema de seguridad conectado a la CRA (*Central Receptora de Alarmas*).

5.1 Dispositivos Tasmota

Algunos de los dispositivos instalados para el control domótico de la vivienda son dispositivos WiFi Sonoff fabricados por Itead [12] a los que se les ha cambiado el firmware original por Tasmota [13], un firmware alternativo desarrollado por Theo Arends para dispositivos basados en ESP8266, un microcontrolador de Espressif usado en numerosos dispositivos de diversos fabricantes, incluidos los Sonoff. Tasmota incluye una interfaz gráfica de usuario basada en web con la que se pueden configurar diferentes parámetros, como el protocolo de comunicación MQTT, los parámetros de la WiFi, programadores, y los sensores y actuadores conectados.



Figura 3 Captura de la GUI de Tasmota







Los dispositivos *Tasmota* se comunican con *HA* a través del bróker MQTT instalado, sobre el que además almacenan su configuración de forma persistente para ser descubiertos automáticamente desde la integración *Tasmota* de *HA*.

Así, un *Sonoff 4CH* Pro de cuatro relés controla la fuente, la depuradora y las luces de la caseta y la piscina; la luz de la cancela se controla con el relé de un *Sonoff TH16*, que además dispone de entradas para medir la temperatura y la humedad del salón; para el control del farolillo se usa un *Sonoff Mini* que mantiene la funcionalidad del interruptor manual convencional; y finalmente, un *Sonoff Dual* con dos relés controla la iluminación del taller.



Figura 4 Sonoff 4CH Pro



Figura 5 Otros dispositivos Sonoff utilizados: TH16, Mini y Dual









También con firmware Tasmota se han construido otros dos dispositivos WiFi: el control del riego del jardín y el medidor del depósito de gasoil.

Para el sistema de riego del jardín utilizamos un ESP32, otro microcontrolador más potente y avanzado de *Espressif*, y una tarjeta de cuatro relés que actúan sobre las electroválvulas correspondientes a los cuatro sectores de riego (Figura 6).

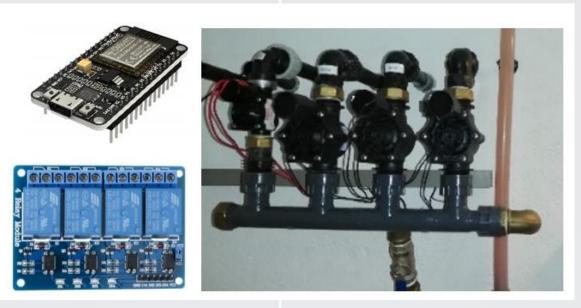


Figura 6 Elementos utilizados para el control de riego

El medidor de nivel del depósito de gasoil consta de un módulo *NodeMCU*, basado en ESP82866, y un telémetro de ultrasonidos. La medida de distancia en centímetros ofrecida por Tasmota es filtrada y convertida en litros usando los adecuados servicios de *HA* (Figura 7).

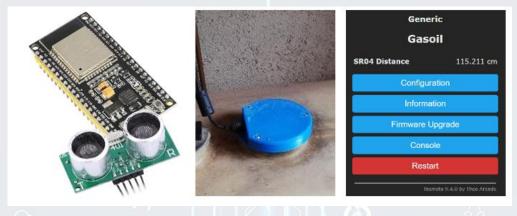


Figura 7 Medidor de nivel del depósito de gasoil









5.2 Dispositivos ESPHome y Arduino C++

También con un módulo ESP32 y un módulo de 4 relés se ha realizado el control de la caldera de calefacción, pero con firmware *ESPHome* [14] en lugar de Tasmota. La integración *ESPHome* permite la programación en Python de dispositivos ESP8266 y ESP32 desde la propia interfaz de *HA*, así como la grabación OTA (*Over The Air*) del firmware.



Figura 8 Estación meteorológica y sensor de humedad de suelo

Otros dos dispositivos, la estación meteorológica y el sensor de humedad del suelo se han construido con módulos WiFi ESP32 y ESP8266 respectivamente, pero con firmware escrito en lenguaje C++ mediante el IDE de Arduino.









5.3 Dispositivos Sonoff con eWelink

Para las dos lámparas del salón se usan también dispositivos WiFi *Sonoff*, pero manteniendo el firmware original controlado con la app *eWelink* de *Itead*: *Slanpher RF R2* y *Sonoff B1*. Con la App *eWelink* podemos controlarlos desde *Alexa* y *Google Home*, y mediante la integración *Sonoff* lo podemos hacer igualmente desde *HA*.

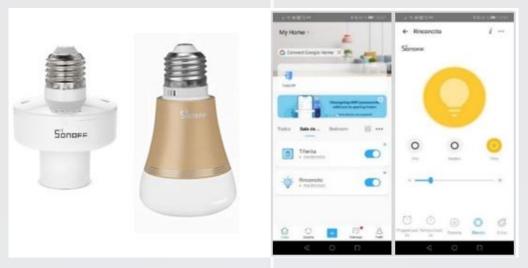


Figura 9 Portalámparas WiFi Slanpher RF, lámpara WiFi B1 y app eWlink. Itead.

5.4 Dispositivos ZigBee

Para los detectores usados en la demostración de sistema de seguridad se utilizan dispositivos Zigbee: un *Sonoff DS01* como detector de puerta abierta, colocado en la puerta de entrada, y un detector de movimiento PIR de *Tuya Smart* [15] modelo *RH3040, situado en el distribuidor principal de la vivienda*.



Figura 10 Dispositivos Zigbee: detector de movimiento y detector de puerta abierta









5.5 Dispositivos realzados con componentes de Home Assistant

Además de los dispositivos físicos mencionados, hemos configurado en *HA* algunas entidades que resuelven importantes funcionalidades:

- Un termostato para la calefacción realizado con un componente Generic Thermostat.
- El panel de alarma para el sistema de seguridad ya implementado en *HA* con el componente *manual alarm control panel*.
- Un medidor de energía eléctrica que obtiene los datos de consumo de la plataforma *Datadis* [16] gracias a la integración *homeassistant-edata* [17], datos que se representan gráficamente en *lovelace* mediante *apexcharts-card* [18]. Ambas integraciones han sido instaladas a través de *Home Assistant Community Store*, *HACS* [19].
- Programadores horarios para iluminación, riego de jardines y calefacción, aportados por la integración *Scheduler* [20], también instalada desde *HACS*.

6. Interfaces inteligentes

Como interfaces se usan ordenadores personales, tabletas o móviles conectados a la interfaz web de *HA*, y la app móvil *Home Assistant* que permite además gestionar las notificaciones, hacer seguimiento de usuarios, integrar sensores de los móviles, etc. Además todo es controlable a través del asistente virtual *Alexa* desde altavoces inteligentes *Echo* de *Amazon*.

6.1 Paneles y tarjetas en Home Assitant

Lovelace es el sistema de paneles de HA. Es una forma rápida, personalizable y poderosa para que los usuarios administren su hogar usando teléfonos móviles y ordenadores. A continuación describimos algunos de los paneles configurados para la vivienda.

El panel "Calefacción (Figura 11), controla el termostato realizado con *Generic Thermostat*, configurado para actuar sobre la entidad "Control de calefacción" que pone en marcha la caldera y la bomba de calefacción en función de la medida de "Temperatura del Salón".

La programación horaria se resuelve con la integración *Scheduler*, que permite configurar temperaturas de consigna para distintos tramos horarios, funcionando como un cronotermostato.







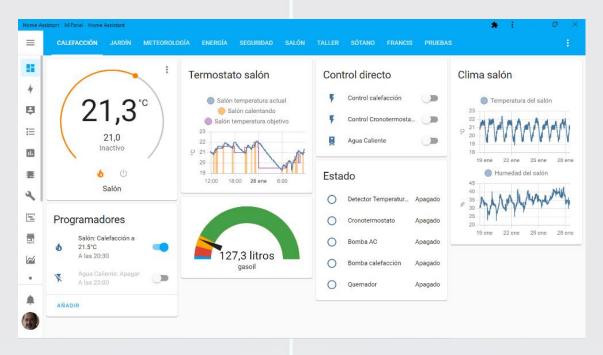


Figura 11 Panel "Calefacción"

Este panel también muestra gráficas de temperatura y humedad, indicación del nivel del depósito de gasoil de calefacción y tarjetas para algunos controles directos y valores de estado de la caldera.

El panel "Jardín", (Figura 14), incluye distintas tarjetas para controlar las luces, las electroválvulas de riego, la depuradora de la piscina y la bomba de la fuente, así como programadores horarios (*Scheduler*) para todas esas entidades. Una funcionalidad muy valiosa de los programadores horarios es la activación condicionada. Por ejemplo, con la medida de la humedad del suelo (potencial hídrico) hacemos que el riego se active solo cuando el suelo esté seco, Figura, consiguiendo un ahorro considerable de agua.

El panel muestra además los valores de la medida de la temperatura y del potencial hídrico del suelo y gráficas de tendencias de las mismas. En la gráfica del potencial hídrico observamos como el riego se activa al sobrepasar el valor configurado en la condición.



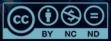




Figura 12 Programador de calefacción



Figura 13 Riego condicionado a la humedad







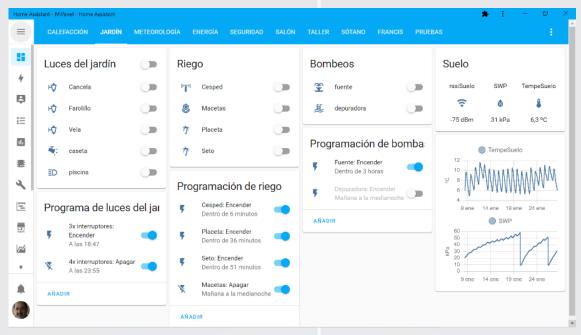


Figura 14 Panel "Jardín"

También pueden usarse como condicionantes parámetros meteorológicos, tanto para el control automático del riego como para otras automatizaciones, por ejemplo el control de toldos y persianas. La Figura 15 muestra un panel que incluye datos captados de una estación meteorológica situada en el jardín y datos y predicciones de la AEMET (*Agencia Estatal de Meteorología*) para la zona en la que se encuentra la vivienda, obtenidos desde *AEMET OpenData* [21] a través de la integración correspondiente.









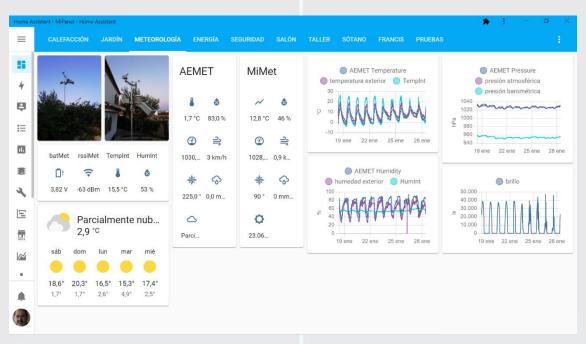


Figura 15 Panel "Meteorología"

El panel "Seguridad", Figura 16, contiene las tarjetas de dos dispositivos de detección de intrusos y una tarjeta para el panel de alarma realizado con el componente *manual alarm control panel*. El funcionamiento es similar a una centralita de alarmas, configurándose los códigos y los distintos parámetros de tiempo para la activación y desactivación de la alarma.

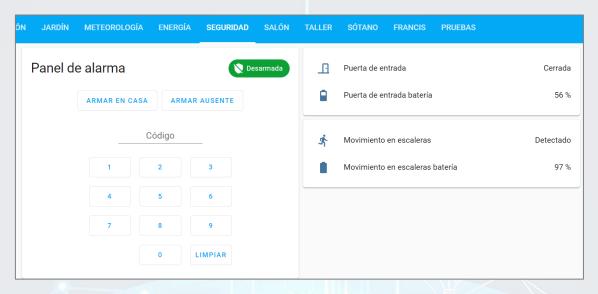


Figura 16 Panel "Seguridad"







La alarma puede activarse en modo "ausente", cuando no hay nadie en casa, o en modo "en casa" cuando hay usuarios en casa. En este último caso, la alarma no se disparará con el detector de movimiento del interior de la vivienda y sólo lo hará en caso de apertura de la puerta de entrada. El disparo en cada caso queda determinado por la "automatización" correspondiente. La Figura 17 muestra un ejemplo de automatización del disparo de la alarma en modo "en casa". Las automatizaciones permiten definir acciones que se ejecutarán cuando ocurran determinados eventos desencadenantes y se cumplan ciertas condiciones establecidas, y junto a las escenas y los scripts otorgarán al hogar la "inteligencia" deseada.

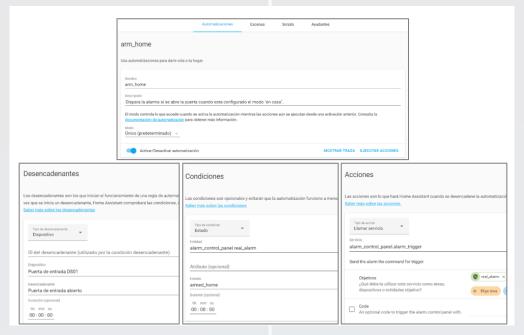


Figura 17 Automatización de la alarma con modo "en casa"

Como último ejemplo de panel describimos el de "Energía", en la Figura 18, que incorpora diversas tarjetas con información sobre el consumo eléctrico medido con el contador de la compañía distribuidora. Como ya mencionamos, los datos se obtienen desde la plataforma *Datadis* gracias a la integración *homeassistant-edata* y se representan con *apexcharts-card*.









Figura 18 Panel "Energía

6.2 Control desde el móvil

Ya hemos visto que desde la interfaz web de *HA* es posible controlar todo el sistema, incluidos los dos dispositivos controlados desde la app móvil *eWelink*.

La instalación de la app *Home Assistant* en el móvil permite además recibir notificaciones, hacer seguimiento de usuarios e integrar en el sistema domótico los sensores de los móviles.









Figura 19 Control del riego (captura sobre foto https://pxhere.com/es/photo/910017)

Como ejemplo, la figura de la derecha ilustra el control desde móvil del sistema de riego incluido en el panel "jardín".

6.3 Control por voz

El control por voz corre a cargo del asistente de voz *Alexa* de *Amazon*. Aunque su integración puede realizarse a través de los servicios en la nube de *HA* (*Home Assistant Cloud*), en nuestro caso hemos establecido la conexión a través de *Node-RED* usando la *skill Alexa Virtual Smart Home* (AVSH) y el correspondiente paquete *node-red-contrib-virtual-smart-home* instalado en *Node-RED*. Con el nodo *virtual-device* de AVSH podemos definir todos los dispositivos virtuales necesarios que serán reconocidos inmediatamente por Alexa y los conectaremos a *HA* a través de la librería de nodos *node-red-contrib-home-assistant* de forma muy sencilla, tal y como refleja la Figura 20 para el control de la calefacción y algunos interruptores.









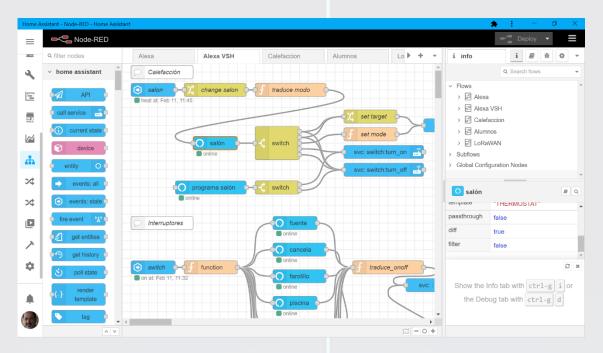


Figura 20 Comunicación con Alexa mediante Node-RED

El control por voz de los dos dispositivos controlados por la app eWelink se realiza a través de la nube instalando en Alexa la *skill eWeLink Smart Home*, por lo que no es necesario implementarlo en *HA*.

De esta forma, invocando a *Alexa* desde un altavoz inteligente *Echo* (en la Figura 21) es posible dar órdenes o preguntar por el estado del sistema mediante voz, con frases como *enciende la cancela, apaga la piscina, enciende el farolillo, apaga todas las luces, enciende la fuente, apaga la depuradora, qué temperatura hay en el salón, sube la temperatura del salón, pon la temperatura del salón a veinte grados, enciende la calefacción, conecta la vigilancia fuera de casa, etc.*



Figura 21 Altavoz "echo" de Amazon









7. Conclusiones.

En esta unidad se ha descrito el control de una vivienda unifamiliar, mostrando distintas maneras de integrar de forma sencilla dispositivos de tecnologías y fabricantes diferentes utilizando herramientas e interfaces IoT: aplicaciones de código abierto para la automatización del hogar como *Home*Assistant, aplicaciones móviles de control en la nube o asistentes virtuales de control por voz.

8. Referencias bibliográficas

- [1] CEDOM, «Tabla de niveles para evaluación de instalaciones domóticas,» [En línea]. Available: http://www.cedom.es/sobre-domotica/tabla-de-niveles-para-evaluacion-de-instalaciones-domoticas#agui.
- [2] AENOR, «UNE-EN 50491-6-1:2014,» [En línea]. Available: https://tienda.aenor.com/norma-une-en-50491-6-1-2014-n0053139
- [3] «Home Assistant,» [En línea]. Available: https://www.home-assistant.io/.
- [4] «Raspberry Pi Foundation,» [En línea]. Available: https://www.raspberrypi.org/.
- [5] «Eclipse Mosquitto,» [En línea]. Available: https://mosquitto.org/.
- [6] «MQTT,» [En línea]. Available: https://mqtt.org/.
- [7] «Node-RED,» [En línea]. Available: https://nodered.org/.
- [8] Influxdata, «InluxDB,» [En línea]. Available: https://www.influxdata.com/.
- [9] Grafana Labs, «Grafana,» [En línea]. Available: https://grafana.com/.
- [10] «Let's Encrypt,» [En línea]. Available: https://letsencrypt.org/es/.
- [11] «Duck DNS,» [En línea]. Available: https://www.duckdns.org/.
- [12] «ITEAD-SONOFF,» [En línea]. Available: https://itead.cc/.
- [13] Arends, «Tasmota,» [En línea]. Available: https://tasmota.github.io/docs/.
- [14] «ESPHome,» [En línea]. Available: https://esphome.io/.
- [15] «Tuya Smart,» [En línea]. Available: https://www.tuya.com/.
- [16] «Datadis,» [En línea]. Available: https://datadis.es/home.
- [17] uvejota, «homeassistant-edata,» [En línea]. Available: https://github.com/uvejota/homeassistant-edata/wiki/principal.
- [18] RomRider, «apexcharts-card,» [En línea]. Available: https://github.com/RomRider/apexcharts-card.









[19] «HACS,» [En línea]. Available: https://hacs.xyz.

[20] N. Faber, «scheduler-component,» [En línea]. Available:

https://github.com/nielsfaber/scheduler-component.

[21] «AEMET OpenData,» [En línea]. Available: https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio.





