

español



Modernisation of VET through
Collaboration with the Industry

Santiago Silvestre
Jordi Salazar

El mundo Internet of Things (IoT)



Erasmus+

El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.
Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La
Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí
difundida.

Título: El mundo Internet of Things (IoT)
Autor: Santiago Silvestre,
Jordi Salazar
Publicado por: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Dirección de contacto: Technická 2, Praha 6, Czech Republic
Número de teléfono: +420 224352084
Print: (only electronic form)
Número de páginas: 28
Edición: Primera edición, 2019

MoVET

Modernisation of VET through
Collaboration with the Industry

<https://movet.fel.cvut.cz>



El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.
Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

NOTAS EXPLICATIVAS



Definición



Interesante



Nota



Ejemplo



Resumen



Ventajas



Desventajas

ANOTACIÓN

Este módulo describe el mundo del Internet de las Cosas (IoT). Se introducen las principales tecnologías involucradas en el uso de IoT. Se describen también los dispositivos y plataformas IoT. Finalmente, se muestra una lista de aplicaciones reales de IoT para varios campos típicos de aplicación.

OBJETIVOS

Después de estudiar este módulo, los estudiantes conocerán el significado del término IoT. Descubrirán las ventajas de la tecnología de teléfonos móviles de nueva generación para el despliegue de aplicaciones de IoT, así como las tecnologías de comunicación inalámbrica más comunes en el mundo de IoT.

LITERATURA

- [1] Jordi Salazar, Santiago Silvestre. IoT. Techpedia. 2017. 31. ISBN 978-80-01-06232-6.
- [2] Albreem, Mahmoud AM, et al. Green internet of things (IoT): An overview. In Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA), 2017 IEEE 4th International Conference on. IEEE, 2017. p. 1-6.
- [3] Stephen E. Deering and Robert M. Hinden. RFC 2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. 1998. Es 3
- [4] Constandinos X. Mavromoustakis George Mastorakis, Jordi Mongay Batalla. Internet of Things (IoT) in 5G Mobile Technologies. 2016. ISBN: 978-3-319-30911-8.
- [5] C. Zhu, Victor C. M. Leung, L. Shu and Edith C.-H. Ngai. Green Internet of Things for Smart World. 2015. IEEE Access 3:1-1. Es 6
- [6] ETSI. Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications, 3GPP TS 23.682. 2018. 109.
- [7] Patil, M. S. A., & Mishra, M. P. Improved mobicast routing protocol to minimize energy consumption for underwater sensor networks. International Journal of Research In Science & Engineering. 2017. 3.
- [8] F. Samie, L. Bauer, J. Henkel. IoT technologies for embedded computing: a survey. IEEE Xplore, 2016. 10.
- [9] M.Ballve. Here's what the internet of things will need to really work. Business Insider, 2014. <http://www.businessinsider.com/what-the-internet-of-things-will-need-to-really-work-2014-5>

- [10] Libelium, <http://www.libelium.com/>
- [11] K. Rose, S. Eldridge, L. Chapin. The internet of things: An overview. The Internet Society (ISOC), 2015. 80.
- [12] Manyika, James, Michael Chui, Peter Bisson, Jonathan Woetzel, Richard Dobbs, Jacques, Bughin, and Dan Aharon. "The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype." McKinsey Global Institute, June 2015.
- [13] Ovidiu Vermesan, Peter Friess. Internet of things – Converging technologies for smart environments and integrated ecosystems. River Publishers, 2013. 363. ISBN: 978-87-92982-96-4 (E-Book)
- [14] Zeinab Kamal Aldein Mohammed, Elmustafa Sayed Ali Ahmed. Internet of things applications, challenges and related future technologies. World Scientific News, 2017. 23. ISSN 2392-2192.
- [15] M. Hunter, R. Smith, M. Schipanski, L. Atwood, D. Mortensen. Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification. *BioScience*, 2017, 6.

Indice

1	Introducción	7
2	Protocolos de Internet	9
2.1	Plataformas IoT	12
3	5G e IoT	13
4	Dispositivos IoT	15
5	Aplicaciones y Casos de Estudio	17
5.1	Ciudades inteligentes.....	19
5.2	Casa inteligente (y edificios).....	20
5.3	Medioambiente inteligente	22
5.4	Energía inteligente y red eléctrica inteligente	24
5.5	Agricultura inteligente.....	25
5.6	Industria y fabricación inteligente.....	27
5.7	Salud inteligente	28

1 Introducción

Este capítulo describe algunos puntos importantes en el mundo del IoT (Internet of Things). Como se describió en [1], Internet of Things (IoT) es la red de objetos físicos, dispositivos, vehículos, edificios y otros elementos, que están integrados con electrónica, software, sensores y conectividad de red, lo que permite a estos objetos recoger e intercambiar datos.

El mundo del IoT ha sido foco de atención recientemente por su gran potencial. Es la base para brindar servicios previamente insospechados mediante la conexión de "cosas", como sensores, actuadores, dispositivos electrónicos de consumo, automóviles y dispositivos eléctricos domésticos, a Internet. La comunicación entre dispositivos y sistemas de IoT es a través de Internet. Por lo tanto, IoT permite que estos objetos o cosas sean monitorizados por sensores o activados y controlados de forma remota a través de la infraestructura de redes existentes, creando oportunidades para una integración más directa entre el mundo físico y los sistemas basados en ordenadores. El uso de IoT permite mejorar tanto la eficiencia como la precisión de servicios y sistemas y también implica un beneficio económico.



Fig. 1. IoT

El campo de aplicaciones para IoT es muy amplio. La tecnología IoT permite ampliar la interacción de los vehículos con personas o entornos circundantes: conducción inteligente, barcos conectados o rastreo de vehículos. Además, IoT también permite mejorar el uso de espacios físicos como edificios inteligentes u hogares y comercios conectados. También existe una amplia gama de aplicaciones en salud, como el registro en hospitales inteligentes, la monitorización o el diagnóstico remotos de pacientes. Se pueden encontrar más aplicaciones de IoT en ciudades inteligentes (Smart cities) como el control automático de alumbrado

público, estacionamiento, basura, tráfico o condiciones ambientales [2]. Las iniciativas de Smart City implican un gran número de objetivos. El enfoque principal se centra en mejorar la vida de sus ciudadanos. Las tecnologías IoT son la clave para resolver problemas urbanos, al monitorizar e interpretar el estado y el uso de los activos de la ciudad.

En la actualidad, los dispositivos portátiles inteligentes, como los relojes inteligentes o las gafas inteligentes, son muy populares en el ecosistema IoT. Además, existen muchas aplicaciones en seguridad y control de acceso.

Por otro lado, la tecnología IoT también se utiliza para optimizar y mejorar los procesos de trabajo y el rendimiento de los activos para permitir mejoras de productividad en una amplia variedad de aplicaciones industriales.



El término M2M (Máquina a máquina) se refiere a dispositivos que están conectados entre sí mediante eventos de captura, mediante medición u observación, mediciones del entorno cuyos datos se transmiten a través de la red a una aplicación que los traduce en información de utilidad.

2 Protocolos de Internet

Como se describe en [1] el **IP** (*Internet protocol*) especifica el formato técnico de los paquetes y el campo de direccionamiento para todos los dispositivos conectados a través de una red de comunicación, en este caso Internet. El **IPv6** (*Internet protocol version 6*) es la versión más reciente de IP, el protocolo de comunicaciones que proporciona un sistema de identificación y ubicación para computadoras en redes y rutas de tráfico a través de Internet.

Para conectar cualquier dispositivo a Internet, es necesario proporcionar una dirección IP al dispositivo. La primera versión de un protocolo de Internet de uso público fue el **IPv4** (*Internet protocol version 4*). Este protocolo fue creado por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA). El IPv4 incluía un sistema de direccionamiento que utilizaba identificadores numéricos formados por 32 bits. El uso de direcciones con una longitud de 32 bits limita el número total de direcciones posibles a un número de aproximadamente 4,3 mil millones de direcciones para dispositivos conectados a Internet en todo el mundo. El número esperado de dispositivos conectados a Internet por medio de aplicaciones IoT pronto será mayor que el número de direcciones proporcionadas por IPv4. Por este motivo, la agencia responsable de la estandarización de los protocolos de Internet **IETF** (*Internet Engineering Task Force*) ha estado trabajando en una nueva versión de IP desde 1998: el protocolo IPv6, el protocolo sucesor que pretende reemplazar a IPv4 se describió formalmente por primera vez en el documento estándar de Internet RFC 2460 [3].

El IPv6 utiliza un formato de direcciones de 128 bits, permitiendo 2^{128} , o aproximadamente $3,4 \cdot 10^{38}$ direcciones, aproximadamente $8 \cdot 10^{28}$ veces más que el IPv4. Si bien el aumento del conjunto de direcciones es uno de los beneficios más importantes de IPv6, existen otros cambios tecnológicos importantes en IPv6 que mejorarán el protocolo IP: una administración más sencilla, un mejor enrutamiento de multidifusión, un formato de encabezado más simple y un enrutamiento más eficiente, integrado, autenticación y soporte a la privacidad entre otros.

Las direcciones del IPv6 se representan como ocho grupos de cuatro dígitos hexadecimales. Estos grupos están separados por dos puntos, pero existen métodos para abreviar esta notación completa. El formato del encabezado de IPv6 se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 – Estructura de cabecera del IPv6

Grupo	Información
Versión	(4-bit) Número de versión del protocolo de internet =6.
Clase de tráfico	(8-bit) Campo de clase de tráfico.
Etiqueta de flujo	(20-bit) Etiqueta de flujo.
Longitud de carga útil	(16-bit) Longitud de la carga útil de IPv6, es decir, el resto del paquete que sigue a este encabezado de IPv6, en octetos.
Siguiente cabecera	(8-bit) Identifica el tipo de encabezado que sigue inmediatamente al encabezado de IPv6. Utiliza los mismos valores que el campo del protocolo IPv4.
Límite de saltos	(8-bit) Se decrementa en 1 por cada nodo que reenvía el paquete. El paquete se descarta si el límite de salto se reduce a cero.
Dirección de origen	(128-bit) Dirección de origen del paquete.
Dirección de destino	(128-bit) Dirección del destinatario deseado del paquete (posiblemente no el destinatario final, si hay un encabezado de enrutamiento).

Las nuevas funciones introducidas con el protocolo IPv6 son básicamente las siguientes: Un nuevo formato de encabezado, una infraestructura de direccionamiento y enrutamiento eficiente y jerárquica, un espacio de direcciones mucho más grande y sin estado y configuración de direcciones con firewall, seguridad IP, extensibilidad, una mejor calidad de servicio Soporte (QoS) y un nuevo protocolo para la interacción del nodo vecino.

Además, el protocolo IPv6 ha resuelto algunos de los problemas de seguridad encontrados en las redes IPv4 al agregar el **IPsec (IP security)** como obligatorio. Como resultado, IPv6 es más eficiente. La seguridad en las implementaciones de IoT debe ser un componente crítico del diseño del dispositivo y los procesos de fabricación para garantizar que se cumplan los requisitos básicos de seguridad.

El protocolo IPv6 también ofrece mejoras en la seguridad de movilidad: Cualquier nodo IPv6 de la red puede usar una IP móvil, según sea necesario. Mobile IPv6 utiliza dos encabezados de extensiones: Un encabezado de enrutamiento para el registro y un objetivo de titular para la entrega de datos entre los nodos móviles y sus nodos fijos correspondientes

La mayoría de los dispositivos IoT se conectan a Internet mediante comunicaciones inalámbricas. Se debe asegurar tanto la velocidad de comunicaciones como el rango de movilidad del dispositivo. Los estándares de comunicaciones inalámbricas cubren varias tecnologías, incluyendo Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, estándar de evolución a largo plazo (LTE), Narrowband IoT (NB-IoT) o las versiones compatibles con IoT de LTE: Cat-M1 y las comunicaciones de tipo de máquina mejoradas (eMTC).

Por otro lado, las instalaciones en interiores usan comúnmente Wi-Fi y Bluetooth, mientras que las instalaciones en exteriores generalmente usan LTE, NB-IoT y Cat-

M1. Debe tenerse en cuenta que el consumo de energía de Wi-Fi es mucho mayor que el de Bluetooth.

2.1 Plataformas IoT

Las plataformas IoT permiten recopilar los datos enviados desde los diferentes dispositivos conectados. Por otro lado, deberían facilitar la creación de aplicaciones, tanto móviles como para otros dispositivos que visualicen claramente los datos recibidos de los dispositivos IoT conectados a la plataforma, además de los datos en los que se ha trabajado.

Estas plataformas IoT pueden administrar la información de manera solvente. Las plataformas IoT deben poder recopilar la información enviada por los dispositivos, almacenar y/o analizar los datos y representar o exponer la información para que el usuario pueda utilizarla. Además, cada plataforma IoT está especializada en servicios específicos.

Algunas de las plataformas IoT más famosas que se pueden encontrar en el mercado se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 – Plataformas IoT

Plataforma	URL	Características
AWS IoT Core	https://aws.amazon.com/iot-core/?nc1=h_ls	AWS IoT Core es una plataforma en la nube que permite que los dispositivos conectados interactúen de forma fácil y segura con las aplicaciones en la nube y otros dispositivos.
Azure IoT hub	https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-hub/	Conecta y gestiona miles de millones de dispositivos y activos IoT. Permite que se establezca una comunicación fiable y bidireccional y aumente la seguridad de las soluciones IoT. Trata datos en tiempo real y sube archivos a la nube.
Oracle cloud	https://cloud.oracle.com/iot	Interactúa con software virtualizado de representaciones de activos. Mensajería de alta velocidad. Soporte para protocolos industriales. Analizar e integrar datos y servicios de IoT.
Ericsson IoT	https://www.ericsson.com/en/internet-of-things/solutions	Seguridad y conectividad. Plataforma Aceleradora IoT. Conectividad fiable.
Watson Internet of Things	https://www.ibm.com/internet-of-things	Gestión de activos, instalaciones y productos.
Xively	https://www.xively.com/	Xively ofrece todo lo necesario para construir y lanzar un producto conectado.
Samsung ARTIK	https://www.artik.io/	La plataforma ARTIK Smart IoT de Samsung reúne módulos de hardware y servicios en la nube, con seguridad integrada y un ecosistema de herramientas para acelerar el tiempo de comercialización.
Adafruit IO	https://io.adafruit.com/	Adafruit IO es un sistema que hace que los datos sean útiles. Es fácil de usar y permite conexiones de datos simples con poca programación requerida.

3 5G e IoT

La cuarta generación de tecnologías de teléfonos móviles, 4G, fue una gran mejora en la velocidad de descarga para los usuarios, que podrían comenzar a disfrutar de contenido en vivo en sus teléfonos. Muchas aplicaciones pueden ser compatibles con las redes 4G existentes, pero algunas requerirán 5G. Estos requisitos incluyen tasas de datos más altas y mayor capacidad con una latencia más corta, así como reducciones en el uso de energía y una mayor eficiencia del sistema.



En telecomunicaciones, 5G es la abreviatura utilizada para referirse a la quinta generación de tecnologías de telefonía móvil [4].

La tecnología 5G es la sucesora de la tecnología 4G. Actualmente todavía no está estandarizada y las compañías de telecomunicaciones están desarrollando sus prototipos.

Esta próxima evolución de las redes de teléfonos móviles llamada 5G permitirá, entre otras cosas, navegar a velocidades superiores a 1 Gbps. Esto significa multiplicar la velocidad de navegación actual por diez. Por lo tanto, el 5G implica una mejora en la velocidad: si con el 4G se logra una velocidad de descarga de 150 megabytes por segundo, ésta aumentará a 20 Gbps. Este hecho permitirá ver canales de transmisión en calidad 4K o cámaras equipadas con la capacidad de grabar videos de ultra alta definición y otros servicios que demandan mucho ancho de banda. Además, con el uso de la computación remota 5G también será posible no tener que instalar una gran cantidad de procesadores en algunos objetos, ya que la computación podría realizarse en la nube. Varias industrias pueden ser las primeras beneficiarias de las tecnologías IoT. Se espera que las tecnologías IoT, como la comunicación M2M, complementadas con el análisis inteligente de datos, cambien drásticamente el panorama de muchas industrias. Múltiples aplicaciones en las industrias se están moviendo hacia la movilidad y la inteligencia. La Tabla 3 muestra algunos sectores industriales con requisitos de banda ancha móvil que pueden beneficiarse de las ventajas de 5G IoT.

Tabla 3 – Aplicaciones industriales

Fabricación	Ciudades inteligentes	Edificios inteligentes	Salud	Transporte
Monitorización de producción	Control de tráfico	Control de accesos	Monitorización de salud	Diagnóstico de vehículos
Monitorización de máquinas	Iluminación inteligente	Gestión energética	Diagnóstico remoto	Coches sin conductor
Control de robots	Contadores de Parking	Contadores inteligentes	Cirugía Robótica	Control de camiones
Control de existencias	Gestión de residuos	Alarmas y control de seguridad	Detección de caídas	Monitorización de drones

Esta tecnología funcionará en las bandas de 3,6 y 26 GHz en 2020 en la Comunidad Europea. La NSA 5G NR o la nueva radio independiente 5G es el primer estándar

de la quinta generación de redes móviles oficialmente aprobada por el Programa de Asociación de Tercera Generación (3GPP).

La tecnología 5G supone numerosas mejoras con respecto a la generación anterior, lo que abrirá un mundo de posibilidades. Con 5G pasaremos de estar conectados sólo a personas a un mundo donde todo está conectado. El estándar 5G debe admitir hasta 1 millón de dispositivos conectados por kilómetro cuadrado, ofreciendo infinitas posibilidades para que los dispositivos IoT estén conectados. Esta densidad de dispositivos permitirá otro avance significativo: Cumplir promesas reales como ciudades conectadas o el automóvil autónomo.

Un problema importante para los dispositivos y servicios de IoT es la latencia. En la comunicación de datos y las redes digitales, la latencia se utiliza en dos contextos principales. Uno representa un viaje de ida, mientras que el otro es un viaje de ida y vuelta. La latencia unidireccional se mide contando el tiempo total que tarda un paquete en viajar desde su origen hasta su destino, mientras que la latencia de ida y vuelta se mide agregando la latencia unidireccional desde el destino al tiempo que tarda el paquete en regresar, alcanzar el destino y volver a la fuente. El tiempo de propagación, el retraso en la transmisión y el almacenamiento o el procesamiento del dispositivo limitan la latencia en las redes de comunicación. Una segunda mejora importante de las redes 5G es que debería ofrecer a los usuarios una latencia máxima de sólo 4 ms, por debajo de los 20 ms en las células LTE. La especificación 5G también requiere una latencia de sólo 1 ms para las comunicaciones de baja latencia (URLLC) ultra fiables. En muchas aplicaciones IoT, la latencia mínima es crucial ya que los actuadores y sensores deben operar muy rápido para ser útiles y hacer operaciones efectivas.

Por otro lado, 5G ofrece otra ventaja que también es muy importante para las aplicaciones IoT; 5G requiere un menor consumo de energía que 4G. Esta reducción ofrece la posibilidad de incluir más sensores en muchas aplicaciones y sistemas de IoT. El bajo consumo de energía es un requisito clave para garantizar años de vida útil de la batería. Además, varias tecnologías y problemas relacionados con el IoT enfocados en la reducción del consumo de energía del IoT han sido descritos en la literatura [5-6]. Una expectativa de diseño clave de los dispositivos habilitados para IoT es que deben presentar bajos consumos de potencia con una vida útil de la batería de hasta 10 años en algunas aplicaciones.

Además, algunos de estos dispositivos IoT pueden alimentarse mediante el aprovechamiento de energía de las señales de radio de su alrededor o de la energía solar. Investigadores, científicos e ingenieros se enfrentan a desafíos emergentes en el diseño de sistemas basados en IoT que pueden integrarse de manera eficiente con las comunicaciones inalámbricas 5G. Para garantizar una vida útil prolongada de la batería y reducir el consumo de energía, algunas tecnologías se habilitan con dos características de ahorro de energía: Recepción discontinua extendida (eDRX) y modo de ahorro de energía (PSM) [7].



Los requisitos principales para 5G de IoT y M2M son los siguientes: Muchos más dispositivos conectados con gran cobertura en aplicaciones dentro de edificios y eficiencia de señalización.

4 Dispositivos IoT

La complejidad de los dispositivos IoT puede ser diversa. En términos generales, los dispositivos IoT son dispositivos informáticos no estándar (objetos, elementos cotidianos, dispositivos, sensores o actuadores) conectados a una red cableada o inalámbrica, que tienen la capacidad de transmitir y/o recibir datos, recibir instrucciones e incluso actuar basados en los datos que recogen. En algunas aplicaciones, el dispositivo IoT puede preprocesar o procesar los datos recopilados del mundo real antes de enviarlos a una unidad de control que tomará las decisiones oportunas.



Los datos recopilados pueden ser procesados en el mismo dispositivo IoT o bien en una unidad remota de control. Por tanto, en las aplicaciones de IoT que involucran el procesamiento de datos, una cuestión importante es decidir dónde se debe realizar la carga computacional.

Un dispositivo IoT es un dispositivo embebido que se puede caracterizar por al menos tres bloques básicos:

- **Sensores:** Su función principal es la de monitorizar y medir la actividad en el mundo.
- **Bloque de conectividad:** Este bloque proporciona al dispositivo conectividad a Internet. Según la naturaleza de los dispositivos, se pueden dividir en dos categorías principales:
 - **Dispositivos IoT Industriales.** La red local puede estar basada en cualquiera de las muchas tecnologías diferentes existentes. El dispositivo IoT normalmente se conectará a través de una red IP a la red global de Internet.
 - **Dispositivos IoT Comerciales.** La tecnología de comunicación local puede ser ZigBee, Bluetooth o Ethernet (cableada o inalámbrica). El dispositivo IoT normalmente se comunicará solo con los dispositivos locales.
- **Unidad de Procesamiento:** Es el cerebro del dispositivo IoT. Dependiendo de la complejidad del dispositivo IoT, puede incluir un microcontrolador, un microprocesador o una DSP junto con algún hardware especializado para procesar los datos entrantes o cifrar/descifrar información.

La Figura 2 muestra un diagrama general de bloques que incluye los componentes principales de un dispositivo IoT. Pueden existir muchos otros bloques, pero como mínimo el componente de RF para la conectividad es común a todos ellos.

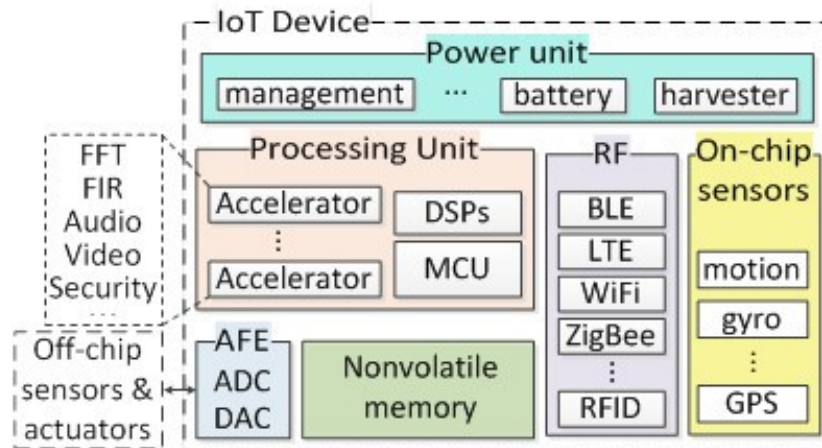


Fig. 2. Diagrama de bloques de un dispositivo IoT [8]

De hecho, estos bloques son comunes a muchos de los dispositivos que existen actualmente en el mercado. Sin embargo, los dispositivos IoT deben incluir, en particular, los dispositivos remotos, otras características tales como [9]:

- **Eficiencia energética:** Muchos dispositivos IoT pueden tener un acceso difícil, costoso o peligroso a la hora de cargar o reemplazar la batería. Por lo tanto, es posible que estos dispositivos tengan que ser capaces de operar durante períodos de tiempo bastante largos, o desatendidos o bien que puedan despertarse periódicamente sólo para transmitir datos.
- **Coste-rendimiento:** Los objetos que contienen dispositivos IoT pueden necesitar ser distribuidos en un área amplia, como en el caso de los dispositivos IoT en productos alimenticios en supermercados y que indicarían si el artículo se ha estropeado. La compra de estos dispositivos y su implementación deben ser relativamente baratos.
- **Calidad y fiabilidad:** Puede que los dispositivos IoT necesiten operar en ambientes hostiles al aire libre y durante largos períodos de tiempo.
- **Seguridad:** Los dispositivos de IoT pueden necesitar transmitir información confidencial o regulada y ser protegidos de accesos no autorizados.

5 Aplicaciones y Casos de Estudio

Es prácticamente imposible imaginar todo el potencial de las aplicaciones IoT. Las aplicaciones potenciales son numerosas y diversas y van más allá del simple hecho de conectar dispositivos estándar como ordenadores de sobremesa, portátiles, tabletas y teléfonos inteligentes a una red. Algunas aplicaciones madurarán mucho más rápido que otras.

Actualmente, existe una amplia gama de aplicaciones IoT que cubren muchos campos, tales como ciudades inteligentes, edificios inteligentes, la agricultura, la conectividad en el mundo del automóvil, el transporte y la movilidad, la industria inteligente, y la salud inteligente, los aspectos ambientales y sociales.

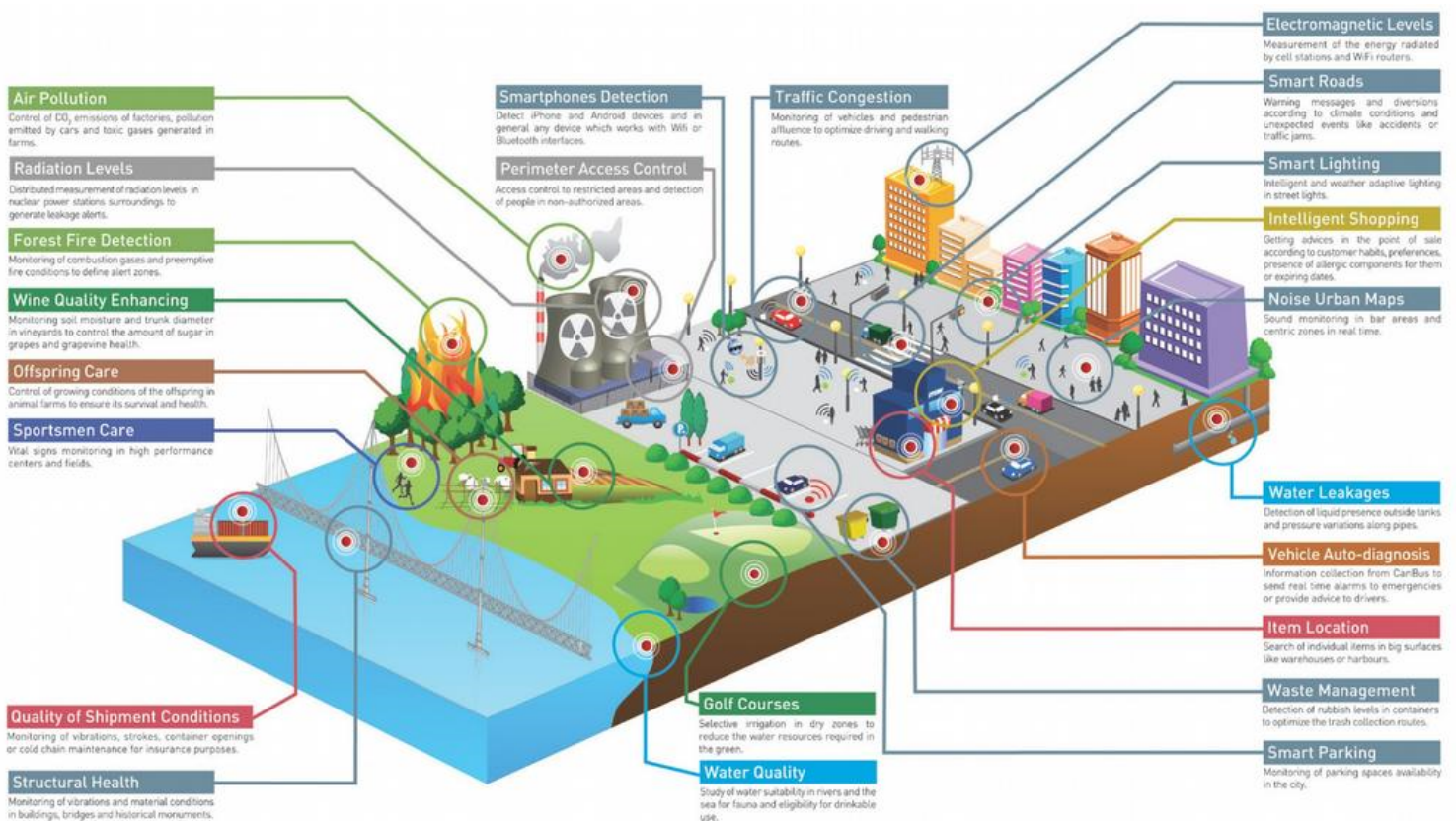


Fig. 3. Aplicaciones IoT [10]

El potencial de las aplicaciones IoT promete transformar muchos aspectos de nuestras vidas [11]. Nuevos dispositivos IoT como electrodomésticos inteligentes, componentes de domótica y dispositivos de gestión de energía nos llevan hacia un concepto de "casa inteligente", ofreciendo más seguridad y eficiencia energética. Otros dispositivos IoT personales como los dispositivos de seguimiento de salud y de actividad física así como los dispositivos médicos habilitados para conexión en red están transformando la forma en que se prestan los servicios de salud. Esta tecnología promete ser beneficiosa para las personas con discapacidades y los ancianos, permitiendo mejores niveles de independencia y calidad de vida a un coste razonable. Los sistemas IoT como los vehículos en red, los sistemas de tráfico

inteligente y los sensores embebidos en carreteras y puentes nos acercan a la idea de "ciudades inteligentes", ayudando a minimizar la congestión y el consumo de energía. La tecnología IoT ofrece la posibilidad de transformar la agricultura, la industria y la producción y distribución de energía aumentando la disponibilidad de información a lo largo de la cadena de valor de producción utilizando sensores en red.

Varias empresas y organismos de investigación han ofrecido diferentes proyecciones sobre el impacto potencial durante los próximos años de las aplicaciones IoT en Internet y en la economía. Cisco, por ejemplo, proyecta más de 24 mil millones de objetos IoT para 2019; Morgan Stanley, sin embargo, proyecta 75 mil millones de dispositivos en red para 2020. Huawei pronostica 100 mil millones de conexiones IoT para 2025. El Instituto Global McKinsey sugiere que el impacto financiero de IoT en la economía global puede ser de \$3,9 a \$11,1 billones por 2025. Para estimar el impacto económico potencial de IoT en todas las economías, el Instituto Global McKinsey tuvo en cuenta una serie de tasas de adopción de IoT, tendencias económicas y demográficas y la probable evolución de la tecnología en los próximos 10 años [12].

En los siguientes subapartados se presentan algunas de estas aplicaciones que pueden tener un gran impacto en nuestras vidas en un futuro cercano. Ésta es sólo una descripción limitada para imaginar todas las posibles nuevas aplicaciones y servicios que IoT podría proporcionar.

5.1 Ciudades inteligentes

A día de hoy, podemos encontrar diferentes definiciones de una ciudad inteligente, pero todavía no existe una definición única aceptada. La idea de ciudad inteligente varía de país a país e incluso de ciudad en ciudad. Significa cosas diferentes para diferentes personas dependiendo de sus propias necesidades para hacer una ciudad mejor con una alta calidad de vida.

En un futuro próximo, se espera una rápida expansión de las fronteras de las ciudades debido a un aumento de la población y al desarrollo de infraestructuras. Las grandes ciudades absorberán a las pequeñas circundantes para formar mega ciudades con una población de más de 10 millones personas. Este hecho hará que las mega ciudades evolucionen hacia ciudades inteligentes. Para 2025 se espera que haya cerca de 40 ciudades inteligentes en el mundo [13].

Las ciudades mejorarán en muchos niveles, serán más seguras, más productivas y más sostenibles, todo gracias a la tecnología IoT. Las demandas de las ciudades inteligentes requieren del soporte de acuerdos de los gobiernos. De hecho, el papel de los gobiernos de las ciudades inteligentes será crucial para el despliegue de IoT. La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de aplicaciones en el ámbito de las ciudades inteligentes.

Tabla 4 – Aplicaciones de ciudades inteligentes

Aplicación	Descripción
Aparcamiento inteligente	Seguimiento de plazas de aparcamiento libres en la ciudad.
Salud estructural	Registro de vibraciones y del estado de la condición estructural en edificios, puentes y monumentos históricos.
Mapas urbanos de ruido	Seguimiento en tiempo real del nivel de ruido en áreas de bares y zonas céntricas.
Carreteras inteligentes	Carreteras inteligentes con mensajes de advertencia y desviaciones según las condiciones climáticas y eventos inesperados como accidentes o embotellamientos.
Congestión de tráfico	Seguimiento del nivel de vehículos y peatones para optimizar rutas de conducción y paseo.
Iluminación inteligente	Iluminación inteligente y adaptativa al clima en alumbrado público.
Gestión de residuos	Detección de niveles de basura en contenedores para optimizar las rutas de recolección de basura.
Seguimiento de la calidad del agua potable	Seguimiento de la calidad del agua del grifo en las ciudades

5.2 Casa inteligente (y edificios)

Un hogar o casa inteligente no significa una casa llena de aparatos o robots nuevos y locos, sino una casa con electrodomésticos y accesorios “conectados”. En consecuencia, son electrodomésticos que pueden actuar de manera autónoma como si tuvieran algo de inteligencia. Por lo tanto, podemos hablar sobre bombillas inteligentes, termostatos inteligentes, lavadoras inteligentes, sistemas de seguridad inteligentes, etc.

Hasta hace poco, la red Wi-Fi se ha utilizado principalmente para interconectar dispositivos electrónicos como teléfonos inteligentes, tabletas, TV, etc. Sin embargo, la red Wi-Fi tendrá una gran importancia en el concepto de hogar inteligente [14]. Conectando los electrodomésticos a la red Wi-Fi podemos obtener grandes beneficios.



Cualquier dispositivo en nuestro hogar que utilice electricidad puede conectarse a nuestra red doméstica.

En primer lugar, podríamos controlarlo todo en tiempo real desde una aplicación en nuestro teléfono inteligente o tableta, o desde nuestra voz.

En segundo lugar, podemos tener acceso a todos los datos e información almacenados en los aparatos domésticos. Por lo tanto, éstos pueden brindarnos fácilmente datos accesibles sobre seguridad al acceder a registros de cámaras de seguridad inteligentes o sobre energía mediante el control del consumo de electricidad y gas de nuestros electrodomésticos.

En tercer lugar, tenemos la domótica. En lugar de únicamente controlar manualmente nuestros electrodomésticos, podemos ir más allá y configurar rutinas y reglas. La idea es que nuestro hogar nos conozca, a nosotros y a nuestra familia, y funcione automáticamente en función de lo que está sucediendo, sin la necesidad de nuestros comandos de control.

Finalmente, y probablemente en un futuro cercano, podemos imaginar aparatos y robots completamente autónomos que funcionan en casa, como robots cortacésped o robots que doblan la ropa lavada.



Se espera que el entretenimiento, la eficiencia energética y la seguridad sean las tres principales categorías para dispositivos domésticos inteligentes en un futuro próximo.

Tabla 5 - Aplicaciones para el hogar y edificios inteligentes.

Aplicación	Descripción
Alertas en tiempo real	Hora de inicio para lavarropas y lavaplatos programada para ahorrar energía.
Seguridad y vigilancia	Para aumentar la seguridad, proteger a nuestra familia y monitorear la actividad en nuestra propiedad.
Control de acceso perimetral	En edificios, control de acceso a áreas restringidas y detección de personas en áreas no autorizadas.
Control del aire y calefacción centralizada	La temperatura de la casa/habitación se ajusta automáticamente a nuestras preferencias.
Iluminación inteligente	Iluminación inteligente y adaptada a la intemperie en las luces del hogar y de edificios.
Entretenimiento inteligente	Selección automática y de forma personalizada de un programa de televisión o película según los gustos del usuario.
Uso de agua y energía	Monitorización del consumo de energía y agua para obtener consejos sobre cómo ahorrar costos y recursos.
Mantener las plantas vivas	Mantener las plantas alimentadas en función de sus necesidades y condiciones de crecimiento reales.

5.3 Medioambiente inteligente

El medioambiente necesita formas inteligentes y nuevas tecnologías para monitorizar y gestionar. La monitorización del medioambiente es importante para evaluar la condición actual del ambiente y tomar la decisión en vida correcta de acuerdo con los datos recopilados por los sistemas de monitorización, y la gestión es necesaria para tener un consumo eficiente de recursos y uso, además de disminuir los residuos de las fábricas y vehículos [14].



Todos los datos recopilados de los sistemas de seguimiento son esenciales para obligar a los municipios e instituciones públicas a proteger a las personas y al medio ambiente, y a mitigar o evitar los desastres naturales que puedan ocurrir.

Los sensores inteligentes para el medioambiente proporcionan muchos medios y soluciones para muchas aplicaciones ambientales, como la contaminación del agua y el aire, la monitorización del clima y la radiación, la gestión de residuos, los desastres naturales y muchos otros indicadores ambientales, como se muestra en la Tabla 6. La integración de sensores inteligentes para medioambiente con la tecnología IoT se desarrolla para poder rastrear, detectar y monitorizar los objetivos del medioambiente que proporcionan beneficios potenciales para lograr un mundo verde y una vida sostenible [14].

Las aplicaciones en medioambientes inteligentes se pueden dividir en dos categorías principales: gestión de recursos medioambientales y la gestión de la calidad y la protección medioambiental. La gestión de los recursos medioambientales debe relacionarse con todos los recursos naturales tales como bosques, animales, carbón, petróleo, agua, aire, luz solar, viento, oro, plata, hierro y muchos otros. Estos recursos pueden verse seriamente afectados por la contaminación, los residuos y el abuso. Las tecnologías IoT proporcionan un medio eficaz de comunicación entre los sensores de recursos y los centros de monitorización para tomar las decisiones apropiadas en el consumo de estos recursos. Así, por ejemplo, la calidad del aire se puede controlar mediante el uso de un conjunto de sensores remotos en toda la ciudad y, como resultado, podemos obtener un mapa continuo con los niveles de contaminación y administrar mejor el tráfico urbano de la ciudad. Si se conocen los niveles de contaminación se pueden tomar también decisiones sobre el uso y tratamiento del agua.

Existen muchas otras aplicaciones que pueden ser implementadas utilizando sensores inteligentes conectados de forma inalámbrica a un centro de gestión. Por citar sólo dos ejemplos más, una red de sensores IoT puede realizar el seguimiento preventivo de manera continua de los niveles de radiación alrededor de las centrales nucleares, o proporcionar un mapa de alta resolución y preciso del pronóstico meteorológico de la región.

Tabla 6 – Aplicaciones de medio ambiente inteligente

Aplicación	Descripción
Detección de incendios forestales	Monitorización de gases de combustión y condiciones de riesgo de incendio para definir zonas de alerta.
Contaminación del aire	Control de gases tóxicos (CO ₂ , O ₃ , NO ₂ , CO, CH ₄ , ...) emitidos por fábricas, granjas y coches.
Monitorización del nivel de nieve	Medición del nivel de nieve para conocer en tiempo real la calidad de las pistas de esquí y permitir la prevención de avalanchas por los cuerpos de seguridad.
Inundaciones de río	Monitorización de las variaciones de nivel de agua en ríos, presas y depósitos.
Prevención de corrimientos de tierra y avalanchas	Monitorización de la humedad del suelo, vibraciones y densidad de la tierra para detectar patrones peligrosos en las condiciones de la tierra.
Detección precoz de desastres naturales	Control distribuido en lugares específicos de temblores, terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, inundaciones, ... para reducir el impacto de desastres naturales.
Radiación ultravioleta	Medición de los rayos solares UV para advertir a las personas que no se expongan a ciertas horas.
Gestión de residuos	Detección y control en tiempo real de la contaminación industrial (productos químicos de desecho y otros) para mejorar el medio ambiente.
Niveles de contaminación en el mar	Control en tiempo real de fugas y residuos al mar.
Detección de fugas químicas en ríos	Detección de fugas y residuos de fábricas en ríos.
Ayudar a proteger la vida salvaje	Uso de collares de seguimiento por GPS para localizar y rastrear animales salvajes y comunicar sus coordenadas a los investigadores.

5.4 Energía inteligente y red eléctrica inteligente

El modelo de energía basado exclusivamente en fuentes de energía fósil no podrá satisfacer las necesidades energéticas del mundo en un futuro no muy lejano. Todas las soluciones implican la incorporación de fuentes de energía renovables y verdes en el modelo energético. Sin embargo, la naturaleza intrínseca de este tipo de energía requiere un control muy alto del consumo de energía por parte de los consumidores [13].

Normalmente, el consumo de energía no es uniforme y presenta también intervalos de tiempo con demandas de energía muy altas. Esto obliga a la red eléctrica a ser inteligente y flexible para soportar las fluctuaciones de la electricidad mediante el control de las fuentes de energía eléctrica y las cargas. Para lograr este objetivo, la red eléctrica deberá incorporar dispositivos inteligentes conectados en red y elementos de infraestructura de red, como dispositivos de detección y monitorización para supervisar flujos de energía, una infraestructura de comunicaciones digitales para transmitir datos a través de la red, medidores inteligentes con pantalla en el hogar para saber sobre el uso de la energía o el sistema de control y automatización para procesar todos los datos y realizar una gestión inteligente de la red eléctrica. Idealmente, se requeriría conocer el consumo de energía instantáneo de las cargas individuales, pero en una primera aproximación, un conocimiento sobre el uso de energía por cliente es suficiente [13].



Una red eléctrica inteligente integra las tecnologías de la información y comunicación a la red eléctrica para tener una gestión inteligente de la energía.

En lugar de las principales centrales eléctricas fuera de las ciudades, las futuras redes eléctricas inteligentes se caracterizarán por fuentes de energía pequeñas y medianas y centrales eléctricas distribuidas por la ciudad inteligente intentando emular la estructura de una red de Internet.



Las soluciones de redes eléctricas inteligentes apuntan a optimizar la producción, distribución y consumo de energía, facilitando la entrada de nuevos proveedores y consumidores a la red eléctrica, con mejoras significativas en la monitorización, la gestión, la automatización y la calidad de la energía eléctrica suministrada.

Tabla 7 – Energía inteligente y aplicaciones de las redes eléctricas inteligentes

Aplicación	Descripción
Instalaciones fotovoltaicas	Monitorización y optimización del rendimiento en plantas de energía solar.
Red eléctrica inteligente	Control y gestión del consumo energético.
<i>Narrowband PLC</i>	La comunicación de banda estrecha sobre línea eléctrica (N-PLC) permite las comunicaciones a través de líneas eléctricas.

5.5 Agricultura inteligente

En 2005, las predicciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) sugieren que para 2050 la población mundial superará los 9.6 mil millones. Para alimentar a esta población, la producción agrícola debe aumentar un 70% para 2050. En 2017, un estudio publicado por BioScience, concluye que un aumento de aproximadamente del 25% al 70% por encima de los niveles de producción actuales puede ser suficiente para satisfacer la demanda de cultivos en 2050 [15]. De todos modos, para hacer esto, la industria agrícola debe adoptar el IoT. Además, el cambio en las condiciones climáticas y los inconvenientes de la agricultura intensiva sobre los recursos de tierras y aguas hace que sea importante idear nuevos métodos para afrontar los desafíos futuros en el sector agrícola.



Por agricultura inteligente entendemos la aplicación de las tecnologías modernas de la información y comunicación en la agricultura. Desde el punto de vista del agricultor, la agricultura inteligente brinda al agricultor oportunidades para una mejor toma de decisiones y una gestión más eficiente.

Los agricultores pueden gestionar sus prácticas agrícolas de forma remota. Por lo tanto, los datos se pueden recopilar desde satélites o aviones no tripulados. Sensores en los campos, en los animales, en el suelo pueden transmitir datos en tiempo real. Este es un método rentable y un medio preciso para predecir y proteger el crecimiento de los cultivos agrícolas.

Tabla 8 – Aplicaciones en el dominio de la agricultura inteligente

Aplicación	Descripción
Mayor calidad de producción	Analizar la calidad de la producción y los resultados en correlación con el tratamiento puede enseñar a los agricultores a ajustar los procesos para aumentar la calidad del producto.
Invernaderos	Controlar las condiciones del microclima para maximizar la producción de frutas y verduras y su calidad.
Campos de golf	Selective irrigation in dry zones to reduce the water resources required in the green. Riego selectivo en zonas secas para reducir los recursos hídricos requeridos en el <i>green</i> .
Red de estaciones meteorológicas	Estudio de las condiciones climáticas en los campos para pronosticar la formación de hielo, lluvia, sequía, nieve o cambios de viento.
Abono	Control de los niveles de humedad y de temperatura en alfalfa, heno, paja, etc. para prevenir hongos y otros contaminantes microbianos.
Hidroponía	Controlar las condiciones exactas de las plantas cultivadas en agua para obtener la más alta eficiencia en los cultivos.
Cuidado de las crías	Control de las condiciones de crecimiento de las crías en granjas animales para asegurar su supervivencia y salud.
Seguimiento de animales	Ubicación e identificación de animales que pastan en pastos abiertos o ubicación en grandes establos.
Niveles de gases tóxicos	Estudio de la ventilación y calidad del aire en granjas y detección de gases nocivos a partir de excrementos.
Monitorización remota	Los agricultores locales y comerciales pueden monitorizar múltiples campos en múltiples ubicaciones alrededor del mundo desde una conexión a internet. La decisión se puede tomar en tiempo real y desde cualquier lugar.

5.6 Industria y fabricación inteligente

La industria inteligente es la cuarta revolución industrial. Por esta razón, el término industria inteligente también se conoce como Industria 4.0. La primera revolución industrial se caracterizó por la mecanización basada en la energía hidráulica y de vapor. La máquina de vapor fue uno de los desarrollos tecnológicos más importantes de la primera revolución industrial. Durante la segunda revolución industrial, se mejoraron los métodos de fabricación y producción existentes. La segunda revolución industrial pasó por la introducción de la producción en masa, las líneas de montaje y la electricidad. La tercera revolución industrial tuvo lugar con la introducción de la electrónica y los ordenadores para una mayor automatización de la producción. Por último, la Industria 4.0 está basada en sistemas de producción física más complejos que pueden conectarse a Internet. El IoT conectará la industria con una nueva gama de aplicaciones en torno a la producción, como la conexión de la industria a la red eléctrica inteligente.

La industria inteligente cambiará fundamentalmente la forma en que se inventan, fabrican y envían los productos. Además, la seguridad de los trabajadores se incrementa y el medioambiente se protege generando cero emisiones y cero incidentes de fabricación en la medida de lo posible. En los productos de fabricación inteligente, las opciones de transporte y medios se comunicarán entre sí y se organizarán con el objetivo de mejorar la producción total.

Tabla 9 – Industria inteligente y aplicaciones de fabricación

Aplicación	Descripción
Aplicaciones M2M	Autodiagnóstico de máquinas y control de activos.
Calidad del aire interior	Seguimiento de los niveles de oxígeno y de gases tóxicos dentro de las plantas químicas para garantizar la seguridad de los trabajadores y mercancías.
Monitorización de la temperatura	Control de temperatura en frigoríficos industriales y médicos con mercancía sensible.
Mantener la calidad y la consistencia	Utilización de sensores, cámaras y láseres conectados en red para analizar los procesos de fabricación.
Seguimiento de flotas	Para optimizar el rendimiento, reducir costes y mejorar la productividad.
Control de la cadena de suministro	Uso de sensores RFID, códigos QR, etc. para mejorar eficiencias operativas (seguimiento de activos, relaciones con proveedores, previsiones e inventarios, ...) y oportunidades de ingresos (para conocer clientes, hábitos de compra, ...).

5.7 Salud inteligente

Hay muchas personas en el mundo que sufren de mala salud porque no tienen acceso a un seguimiento efectivo de la salud. Sin embargo, este problema podría resolverse fácilmente mediante pequeños dispositivos de monitorización conectados al IoT. La tarea principal de estos pequeños dispositivos de salud será recopilar datos de salud e información fisiológica del paciente, aplicar algoritmos complejos para analizar los datos y luego enviarlos de manera inalámbrica a profesionales médicos que harán las recomendaciones de salud adecuadas. Además, es posible reemplazar el proceso de verificación de las constantes vitales de los pacientes a intervalos regulares por un profesional de la salud.

El principal objetivo de las aplicaciones IoT en el campo de la salud es el de mejorar la calidad de vida de las personas que necesitan asistencia o seguimiento permanente, reducir las barreras para monitorizar parámetros importantes de salud, evitar costos y esfuerzos innecesarios y proporcionar la asistencia médica adecuada en el momento adecuado y a un coste razonable.

Uno de los principales desafíos a resolver es el que los dispositivos y equipos médicos no han sido diseñados para interoperar con otros dispositivos médicos o dispositivos conectados a una red. La seguridad también es un problema importante y crítico a resolver, ya que los datos y la información de los pacientes deben transmitirse a través de la red [13].

Las aplicaciones IoT tienen un gran potencial de mercado futuro para dispositivos electrónicos y servicios. Sólo para citar una pequeña muestra de este gran potencial es el éxito de las pulseras y relojes inteligentes junto con las aplicaciones de salud para Android que uno se puede descargar y ejecutar en su teléfono inteligente.

Tabla 10 – Aplicaciones de salud inteligente

Aplicación	Descripción
Detección de caídas	Asistencia a personas mayores o discapacitadas que viven de forma independiente.
Monitorización de frigoríficos médicos	Control de las condiciones en congeladores de almacenamiento de vacunas, medicamentos y elementos orgánicos.
Cuidado de deportistas	Monitorización de constantes vitales en centros y campos de alto rendimiento.
Vigilancia de pacientes	Seguimiento de las condiciones de los pacientes en hospitales y en hogares de ancianos.
Radiación ultravioleta	Medición de los rayos solares UV para advertir a las personas que no se expongan en ciertas horas.