



TECNICATURA SUPERIOR EN

Telecomunicaciones

Sensores y Actuadores

MÓDULO II: Sensores y Actuadores :
Sensores Generadores y Digitales
Sensores Inteligentes – Parte II

Sensores Inteligentes

- Los **sensores inteligentes**, son dispositivo que toman información del entorno físico y utilizan recursos informáticos integrados para realizar funciones predefinidas al detectar una entrada específica y luego procesar los datos antes de transmitirlos.
- Los sensores inteligentes permiten una recopilación más precisa y automatizada de datos ambientales con menos ruido erróneo entre la información registrada con precisión. Estos dispositivos se utilizan para supervisar y controlar los mecanismos en una amplia variedad de entornos, incluidas las redes inteligentes, el reconocimiento del campo de batalla, la exploración y muchas aplicaciones científicas.
- El sensor inteligente también es un elemento crucial e integral en Internet de las cosas (IoT), el entorno cada vez más prevalente en el que casi cualquier cosa imaginable puede equiparse con un identificador único y la capacidad de transmitir datos a través de Internet o una red similar. Una implementación de los sensores inteligentes es como componentes de una red inalámbrica de sensores y actuadores (WSAN) cuyos nodos pueden contarse por miles, cada uno de los cuales está conectado con uno o más sensores y concentradores de sensores, así como con actuadores individuales.



Sensores Inteligentes

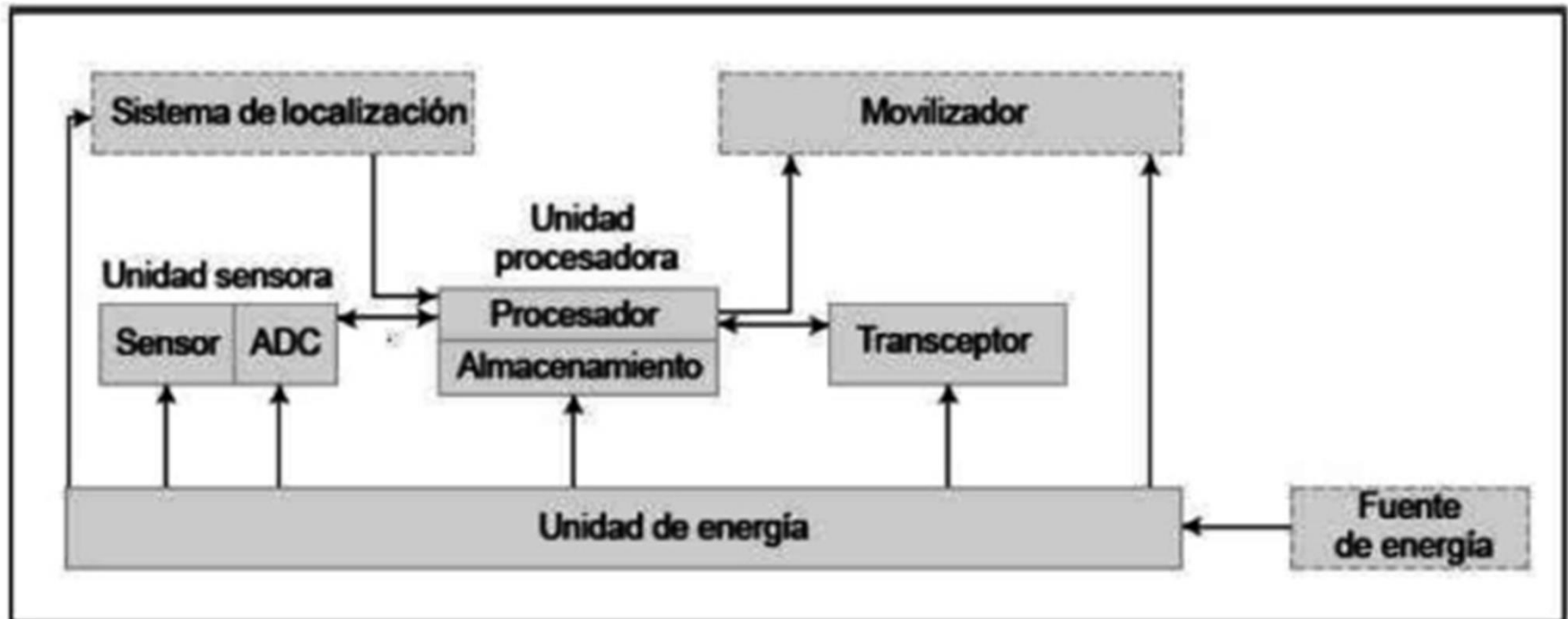
- Los recursos informáticos suelen ser proporcionados por microprocesadores móviles de baja potencia. Como mínimo, un sensor inteligente está hecho de un sensor, un microprocesador y tecnología de comunicación de algún tipo. Los recursos informáticos deben ser una parte integral del diseño físico: un sensor que simplemente envía sus datos para el procesamiento remoto no se considera un sensor inteligente.

Estructura de un sensor Smart:

- Un sensor inteligente tiene tres componentes: un sensor que captura datos, un microprocesador que calcula la salida del sensor a través de capacidades de programación y comunicación.
- Un sensor inteligente también puede incluir varios otros componentes además del sensor primario. Estos componentes pueden incluir transductores, amplificadores, control de excitación, filtros analógicos y compensación. Un sensor inteligente también incorpora elementos definidos por software que proporcionan funciones como conversión de datos, procesamiento digital y comunicación a dispositivos externos.



Sensores Inteligentes



Sensores Inteligentes

¿Cómo funcionan los sensores inteligentes?

- Un sensor inteligente vincula un sensor de base sin procesar a los recursos informáticos integrados que permiten procesar la entrada del sensor.
- El sensor base es el componente que proporciona la capacidad de detección. Podría estar diseñado para detectar calor, luz o presión. A menudo, el sensor base producirá una señal analógica que debe procesarse antes de poder usarse. Aquí es donde entra en juego la tecnología integrada de un sensor inteligente. El microprocesador integrado filtra el ruido de la señal y convierte la señal del sensor en un formato digital utilizable.
- Los sensores inteligentes también contienen capacidades de comunicación integradas que les permiten conectarse a una red privada o a Internet. Esto permite la comunicación con dispositivos externos.



Sensores Inteligentes

¿Para qué se utilizan los sensores inteligentes?

- ✓ Hay innumerables casos de uso de sensores inteligentes. Se utilizan con mucha frecuencia en entornos industriales y son la fuerza impulsora de la Industria 4.0.
- ✓ Las fábricas a menudo usan sensores de temperatura inteligentes para asegurarse de que las máquinas no se sobrecalienten y sensores de vibración para asegurarse de que las máquinas no corran el riesgo de roturas por vibraciones. Los sensores inteligentes también permiten el control de procesos, como monitorear un proceso, como fabricar un artículo, y realizar los ajustes que puedan ser necesarios para cumplir con los objetivos de calidad o producción. Esto fue una vez un proceso manual, pero los sensores inteligentes se pueden utilizar para automatizar el control del proceso.
- ✓ Los sensores inteligentes también juegan un papel clave en los sistemas de seguridad modernos. Los sensores de imágenes térmicas se pueden utilizar para detectar el calor corporal de un intruso. De manera similar, los dispositivos como las cerraduras inteligentes, los sensores de movimiento y los sensores de ventanas y puertas están comúnmente conectados a una red común. Esto permite que los sensores de seguridad trabajen juntos para crear una imagen completa del estado de seguridad actual.



Sensores Inteligentes

¿Cuáles son los diferentes tipos de sensores inteligentes?

Hay cinco tipos principales de sensores inteligentes que se utilizan en entornos industriales.

Aunque en la actualidad se utilizan muchos tipos de sensores de propósito especial.

- 1) **Sensores de nivel:** Un sensor de nivel se utiliza para medir el volumen de espacio ocupado en un contenedor.
- 2) **Sensores de temperatura:** Un sensor de temperatura es un sensor que puede monitorear la temperatura de un componente, por lo que se puede tomar una acción correctiva si es necesario.
- 3) **Sensor de presión:** Los sensores de presión se utilizan a menudo para controlar la presión de gases o fluidos en una tubería. Una caída repentina de presión puede indicar una fuga o un problema de control de flujo.
- 4) **Sensores de infrarrojos:** Algunos sensores infrarrojos se utilizan para controlar la temperatura. Otros sensores ópticos sintonizados a una frecuencia que les permite ver luz en el espectro infrarrojo.
- 5) **Sensores de proximidad:** Se utiliza para detectar la ubicación de una persona u objeto en relación con el sensor. En entornos minoristas, los sensores de proximidad pueden rastrear los movimientos de los clientes en toda la tienda.



Sensores Inteligentes

¿En qué se diferencian los sensores inteligentes de los sensores básicos?

- Los sensores inteligentes incluyen un procesador de movimiento digital (DMP) integrado, mientras que los sensores básicos no.
- Un DMP es, esencialmente, solo un microprocesador que está integrado en el sensor. Permite que el sensor realice un procesamiento integrado de los datos del sensor.
- Esto podría significar normalizar los datos, filtrar el ruido o realizar otros tipos de acondicionamiento de señales. En cualquier caso, un sensor inteligente realiza el procesamiento digital de conversión de datos antes de cualquier comunicación con dispositivos externos.
- Un sensor base es simplemente un sensor que no está equipado con un DMP u otros recursos informáticos que le permitirían procesar datos.
- Mientras que un sensor inteligente produce una salida que está lista para usar, la salida de un sensor base es sin formato y, por lo general, debe convertirse a un formato utilizable.



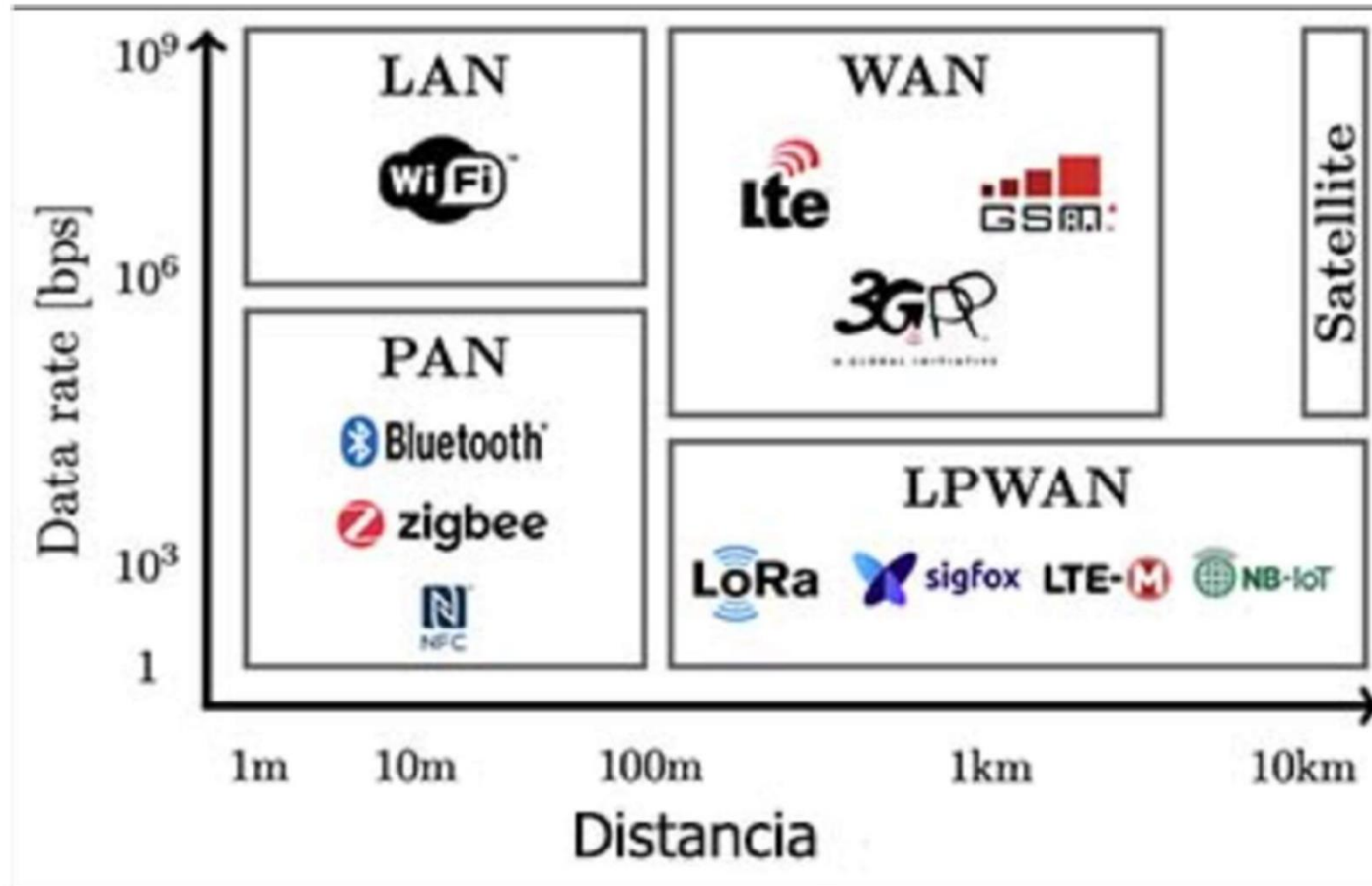
Sensores Inteligentes

Protocolos Inalámbricos:

- Trabajar con sensores inteligentes seguramente implica trabajar con muchos protocolos de comunicación inalámbrica, basados cada uno en diferentes tecnologías. Hoy en día, muchas aplicaciones de automatización doméstica o industrial utilizan protocolos de comunicación de bajo consumo y largo alcance para habilitar lo que llamamos redes de sensores inalámbricos, que además son la base del mundo de Internet de las cosas.
- Sin embargo, existen muchos protocolos de comunicación inalámbrica diferentes que se pueden utilizar en este tipo de aplicaciones. ¿Cuáles son los más adecuados según un determinado tipo de aplicación? ¿Cuáles son sus características y diferencias? ¿Se pueden clasificar estos protocolos de comunicación inalámbrica de Internet de las cosas?
- Se puede hacer una primera clasificación de los principales y más utilizados protocolos de comunicación inalámbrica de Internet de las cosas adoptados en muchas aplicaciones actuales.



Sensores Inteligentes



Sensores Inteligentes

Protocolos Inalámbricos:

- Entre las diferentes tecnologías disponibles en el mercado para conectar varios dispositivos para aplicaciones de la ciudad inteligente, agricultura inteligente o Internet de las cosas en el ámbito industrial (IoT) incluso redes de sensores inalámbricos (WSNs) de área de rango pequeño a grande, las principales alternativas son la tecnología Wi-Fi (IEEE 802.11 a/g/n/ac/ah), tecnología Bluetooth (IEEE 802.15.1), variante Clásico y Low Energy (BLE), tecnología ZigBee (IEEE 802.15.4), protocolo LoRaWAN y LTE-M, seguido de Narrowband, protocolo (NB-IoT) y la quinta generación de red celular (5G).
- Cuando se trata de grandes WSN, es común tener que lidiar con redes inalámbricas de rango amplio caracterizadas por subredes con rangos más pequeños basados en protocolos de un mayor ahorro de energía, para garantizar una resistencia adecuada a las condiciones de uso incluso para dispositivos con nodo final alimentados por baterías. Por lo tanto, puede ser útil clasificar los protocolos antes mencionados en su rango de cobertura típico y en sus casos de uso y aplicación.



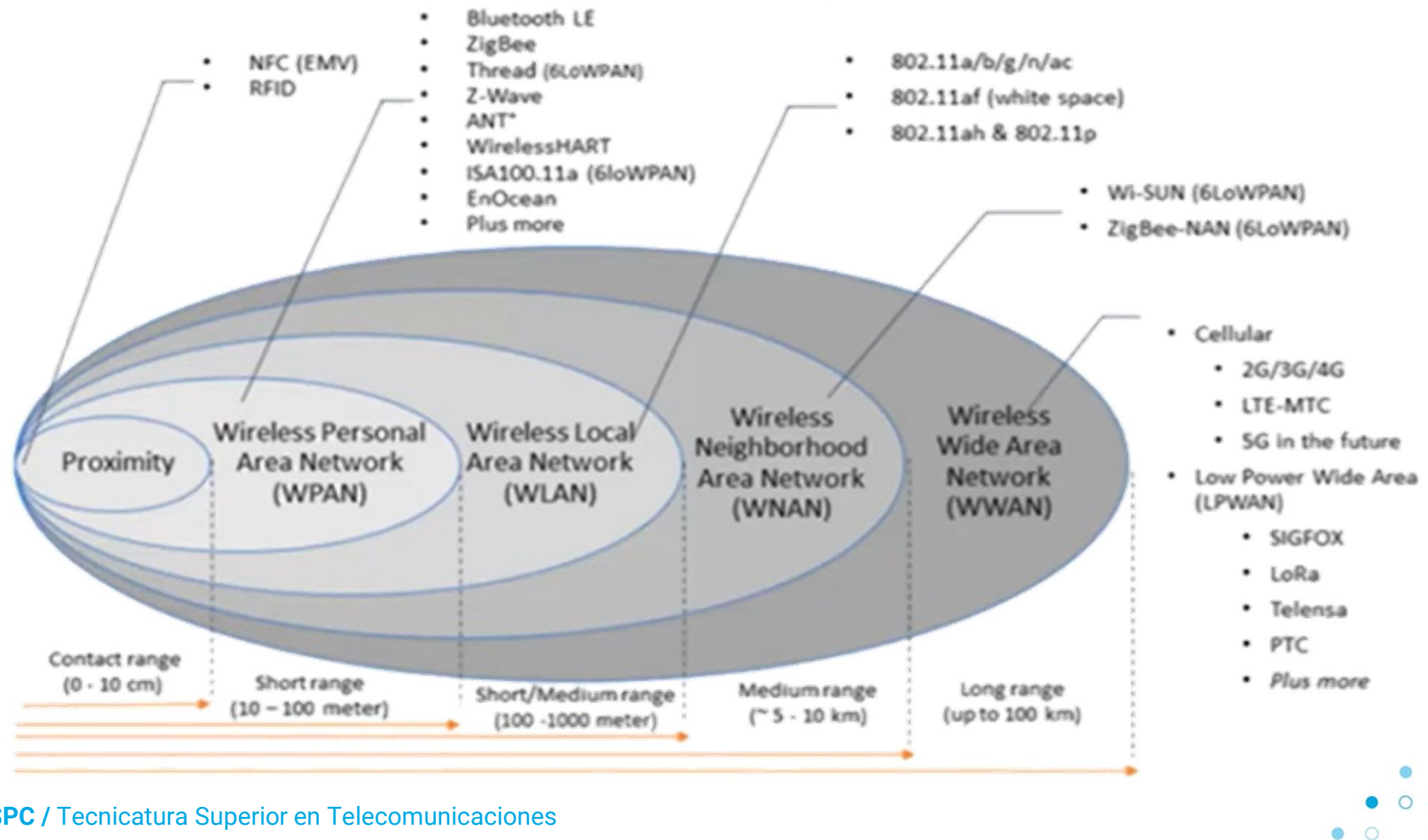
Sensores Inteligentes

Protocolos Inalámbricos:

- Existen muchos protocolos de comunicación de corto alcance que se pueden utilizar para crear una red de área personal inalámbrica (WPAN), que normalmente tienen un alcance de unos pocos metros hasta 50 m en aplicaciones de línea de vista (LoS).
- El protocolo más utilizado para este tipo de red inalámbrica es Bluetooth, que se puede utilizar en la variante Classic para operaciones de transferencia de datos síncronas, o BLE, que se utiliza a menudo para redes multinodos de baja potencia y localización en interiores a través de balizas, ya que posee buen alcance combinado con un consumo de energía muy bajo y se adapta perfectamente a la comunicación de datos asíncrona entre los nodos periféricos alimentados por baterías y un nodo maestro central. Por lo general, este tipo de WPAN tiene una topología típica en estrella, pero cuando se trata de aplicaciones dedicadas a la detección ambiental y los casos de uso de IoT, es bastante típico usar redes inalámbricas en malla para aumentar los rangos operativos. A continuación se realiza un breve análisis de la variante Bluetooth Classic y Low Energy.



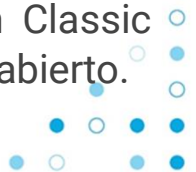
Sensores Inteligentes



Sensores Inteligentes

Protocolo BLUETOOTH Clásico: IEEE 802.15.1:

- Bluetooth Classic se utiliza principalmente para todo tipo de conexiones que requieren sincronización de datos continua (Synchronous Connection Oriented Link), como por ejemplo, una conexión entre un teléfono inteligente y un altavoz Bluetooth, unos auriculares o durante una transferencia de datos reales entre dos teléfonos inteligentes vecinos. La última versión del estándar Bluetooth Classic, llamada 5.2, opera en 79 canales con una banda de 1 MHz y un espaciado de 1 MHz. Adopta la modulación Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) y utiliza el mecanismo llamado Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) para minimizar los efectos del desvanecimiento y el ruido de canal de las redes Wi-Fi que operan dentro de la misma banda ISM de 2,4 GHz.
- La velocidad de transmisión (bitrate) depende del tipo de modulación Phase Shift Keying adoptada del estándar. Normalmente, la tasa de transferencia teórica va desde 1 Mbps hasta 3 Mbps, según la variante de modulación utilizada y el estándar Bluetooth utilizado. El rango de funcionamiento de la tecnología Bluetooth Classic depende de la potencia radiada por la antena. Generalmente, los dispositivos que funcionan con el protocolo Bluetooth Classic pertenecen a la Clase 2, por lo que tienen un alcance típico de hasta 60 m en campo abierto.



Sensores Inteligentes

Protocolo BLUETOOTH de Baja Energía: IEEE 802.15.1:

- El estándar Bluetooth también tiene una variante de **Bluetooth Low Energy (BLE)**, disponible desde la versión 4.0 del protocolo. Como sugiere el nombre, **BLE ha sacrificado el rendimiento y el rango operativo a favor de un menor consumo de energía**. La considerable diferencia en el uso de los recursos de canal y protocolo, ha hecho necesario dividir los equipos relacionados con los dos estándares, dando lugar a los chipsets Dual-Mode, que son capaces de operar con ambas variantes de Bluetooth, como con el chipset Single-Mode, capaz de admitir solo uno de los dos estándares (a discreción del fabricante).
- Como Bluetooth Classic, también BLE opera en la banda ISM libre de 2.4 GHz y utiliza las mismas modulaciones y técnica FHSS, pero funciona de manera diferente en niveles de protocolo más altos.
- A diferencia de Bluetooth Classic, la variante BLE utiliza solo 40 canales en la banda de 2,4 GHz, con un espaciado de canales que va de 1 a 2 MHz. Entre los 40 canales proporcionados por el BLE, tres de ellos están reservados exclusivamente para el proceso de advertising, a saber, los canales 37, 38 y 39. Los 37 canales restantes se utilizan para la transferencia de datos entre el maestro y el esclavo en el modo de conexión.



Sensores Inteligentes

Diferencia entre Bluetooth Classic y Low:

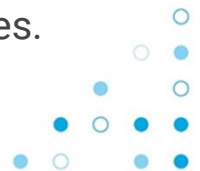
- A diferencia de Bluetooth Classic, no hay clases de potencia, sino un rango de funcionamiento entre dos extremos, es decir, los valores de potencia máxima y mínima en la salida del transmisor. Estos límites son respectivamente 10 mW y 0,01 mW, por lo que son mucho más bajos que los dispositivos Bluetooth Classic. A diferencia de este último, el rango de funcionamiento también disminuye, desde un mínimo de un metro hasta en torno a los 10 m. Este rango operativo limitado se puede aumentar considerablemente mediante el uso de una topología de red en malla en lugar de la topología en estrella típica.
- La clave de la eficiencia BLE es sin duda el menor número de canales (40 frente a los 79 definidos para el Bluetooth Classic), de los cuales solo tres, los de Publicidad, se utilizan realmente para publicidad, escaneo y establecimiento de conexión entre dos nodos. Además, en comparación con Bluetooth Classic, los paquetes BLE son más pequeños. BLE son los protocolos más utilizados para wearables, dispositivos inteligentes y sensores ambientales económicos alimentados por baterías, que pueden comunicar sus datos periódicamente a un maestro central que actúa como puerta de enlace, asegurando una larga duración de la batería en un formato diminuto.



Sensores Inteligentes

Red WLAN de Sensores Inteligentes:

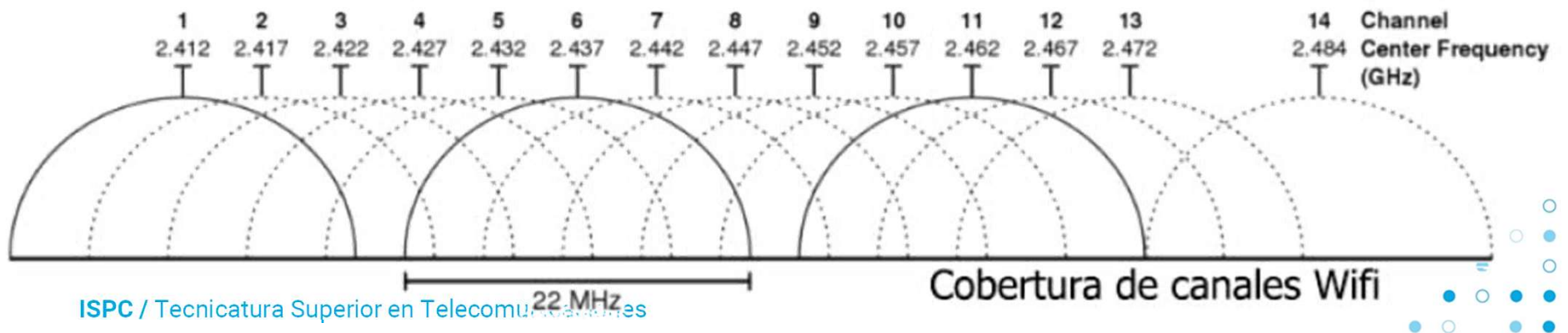
- ❑ Los protocolos de comunicación de rango medio se pueden utilizar para crear una red de área local inalámbrica (WLAN), que suele tener una cobertura de entre 10 y 100 m sin ningún obstáculo. Sin embargo, el uso de adecuadas antenas direccionales puede aumentar el rango operativo hasta unos cientos de metros para algunas aplicaciones particulares.
- ❑ Entre muchos protocolos, los más utilizados son los protocolos Wi-Fi IEEE 802.11 y ZigBee IEEE 802.15.4.
- ❑ Si bien el Wi-Fi ahora se ha hecho presente en casi cualquier dispositivo inteligente, ZigBee ha logrado un papel relevante para las WSN de IoT de rango medio con una amplia gama, como por ejemplo edificios completos en entornos industriales.
- ❑ Sin embargo, incluso si Wi-Fi y Zig-Bee usan la misma frecuencia portadora de 2.4 GHz, son completamente diferentes en su modo de funcionamiento y con distintas aplicaciones.



Sensores Inteligentes

Protocolo WI-FI: IEEE 802.11 a/b/g/n:

- El término Wi-Fi se refiere a una familia de estándares inalámbricos relacionados con el protocolo IEEE 802.11, en concreto, las versiones más comunes y ampliamente utilizadas son la Wi-Fi a/b/g/n y la última Wi-Fi 6 anunciada.
- Wi-Fi utiliza dos bandas ISM gratuitas: 2,4 GHz y 5,8 GHz. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones de Internet de las cosas utilizan 2,4 GHz. dado su mejor rango operativo y propiedades, que son lo suficientemente apropiados para la mayoría de los casos de uso de IoT. La banda Wi-Fi de 2,4 GHz utiliza 14 canales con un ancho de banda de 22 MHz cada uno y un espaciado de 5 MHz, pero normalmente solo los primeros 13 canales se pueden utilizar en Europa.



Sensores Inteligentes

Protocolo WI-FI: IEEE 802.11 a/b/g/n:

- Algunas de las principales ventajas del estándar Wi-Fi son la alta difusión e integración de dispositivos, pero, sobre todo, la alta capacidad de transmisión (11-300 Mbit / s), la baja latencia y el rango operativo, lo suficientemente amplio como para cubrir casas pequeñas con un único Punto de Acceso (AP) central, ya que puede alcanzar fácilmente 50 m de alcance con obstáculos y paredes.
- En un entorno de espacio abierto libre, la cobertura operativa puede llegar hasta los 100 m y más. Sin embargo, el mayor inconveniente de los protocolos Wi-Fi es el alto consumo de energía, que, para las aplicaciones con sensores inteligentes, lo hace adecuado solo para algunos casos de uso muy particulares, como transferencias de datos entre puertas de enlace, nodos que se pueden alimentar desde la red eléctrica o dispositivos con altos tiempos de sueño profundo.



Sensores Inteligentes

Protocolo ZigBee: IEEE 802.15.4:

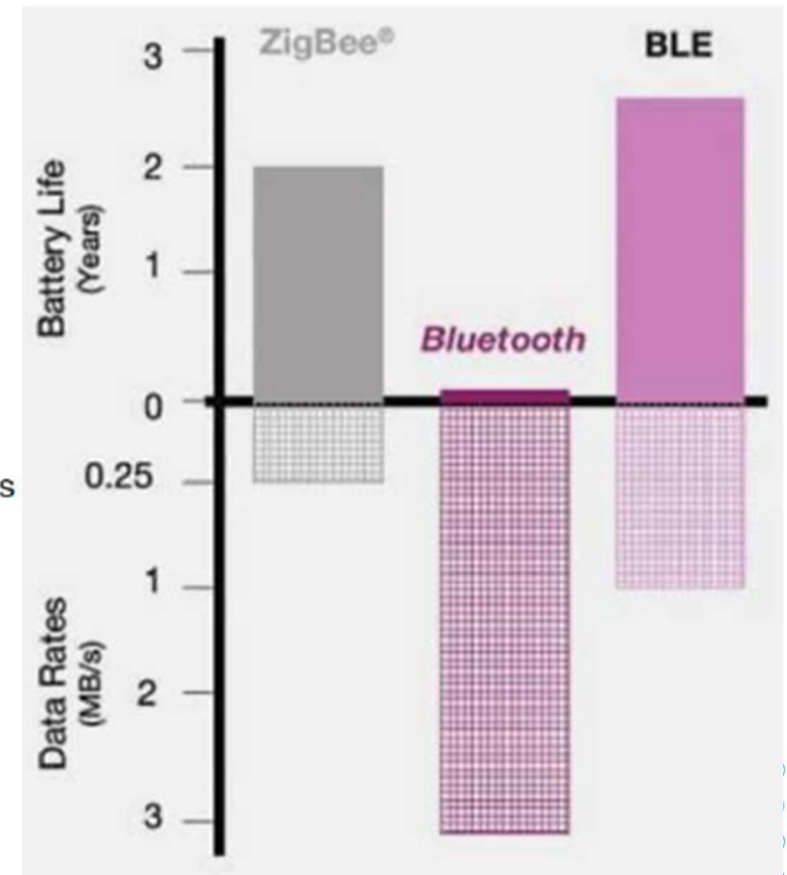
- ZigBee se desarrolló en 2004 como una alternativa a Wi-Fi y Bluetooth para aplicaciones de bajo consumo en el campo de las redes inalámbricas en malla (WMN). Por lo tanto, en comparación con Wi-Fi, cuenta con un consumo de energía extremadamente bajo y una tasa de bits muy baja (20-250 Kbit / s), demasiado pequeña para transferencias de datos mejoradas entre dispositivos multimedia, pero suficiente para aplicaciones de IoT o red de sensores smart.
- Los nodos ZigBee se caracterizan por una naturaleza de baja potencia, que les permite alimentarse fácilmente con baterías durante años, pero también, su transmisor de radio de baja potencia limita el rango de operación a un entorno pequeño, generalmente entre 10 y 20 m. Por lo tanto, los protocolos ZigBee se suelen asociar como una alternativa a Bluetooth y Bluetooth Low Energy, dada su eficiencia de consumo de energía, rango y velocidades de datos, como se muestra en la figura comparativa a continuación.



Sensores Inteligentes

Protocolo ZigBee: IEEE 802.15.4:

De todos modos, dada la naturaleza de la malla del protocolo, **una red de dispositivos ZigBee puede escalar fácilmente hasta un rango de 100 y más metros** cuando existen muchos nodos involucrados. Sin embargo, **está decididamente menos extendido que estándares como BLE y Wi-Fi**, ya que un número limitado de dispositivos admiten esta tecnología, que hoy en día sigue estando principalmente destinada al sector industrial. Además, los costes de licencia de ZigBee son ligeramente superiores a los de los dispositivos BLE, otra razón por la que este estándar, aunque interesante, **no ha tenido una gran respuesta en aplicaciones orientadas al cliente** como sucedió con los otros dos estándares mencionados.



Sensores Inteligentes

Protocolos de comunicación inalámbrica de Internet de las cosas de largo alcance:

- ❑ Los protocolos de comunicación de largo alcance se utilizan a menudo para crear redes de área amplia de bajo consumo (LPWAN) con un rango operativo que va desde los 300 m hasta los 10 km, pero, utilizando ciertos protocolos es posible crear una red que se basa en las redes móviles existentes, con muchos nodos ubicados a decenas de kilómetros entre sí. Además, algunos protocolos se pueden usar para aplicaciones de movilidad, agregando más posibilidades y casos de uso. Sin embargo, redes tan amplias podrían tener diferentes costos de implementación que dependen del protocolo utilizado, que a su vez depende de las aplicaciones y el uso.
- ❑ De hecho, algunos protocolos usan redes móviles existentes administradas por operadores, mientras que otros se apoyan en una red de arquitectura abierta libre existente, administrada por muchos miembros de la comunidad, como empresas y también usuarios. Las LPWAN más comunes y utilizadas se han analizado y caracterizado por sus costos, características, ventajas y desventajas a continuación.



Sensores Inteligentes

Protocolo LoRaWAN:

- LoRaWAN es un protocolo de comunicación de largo alcance que se utiliza a menudo para crear redes de área amplia de bajo consumo (LPWAN) con un rango operativo que va desde cientos de metros hasta 10 kilómetros. Se basa en la modulación LoRa (capa PHY), mientras que la capa de control de acceso al medio (MAC) es una arquitectura de red abierta regulada por LoRa Alliance. La red LoRaWAN más utilizada y más grande es The Things Network, con más de 10.000 puertas de enlace LoRaWAN y más de 110.000 miembros en la comunidad.



Sensores Inteligentes

Protocolo LoRaWAN:

- LoRaWAN tiene diferentes clases de nodos finales: Clase A, B, y C. Todos los dispositivos LoRaWAN deben implementar la clase A, mientras que las clases B y C son extensiones de los dispositivos de clase A. Estas clases definen el comportamiento de los paquetes de enlace descendente desde las puertas de enlace hasta los nodos finales. Por lo general, las puertas de enlace LoRaWAN actúan como dispositivos de Clase C, ya que están constantemente escuchando la transmisión entrante. Además, para transmitir y recibir datos a través de la red LoRaWAN, los nodos finales de LoRaWAN deben estar registrados y habilitados en el proveedor del servidor de aplicaciones.

Data rate [DR]	Spreading Factor [SF]	Bitrate [Bits/Sec]	Range [Km]	Rx Sensitivity [dBm]	Max Pay- load [Bytes]
0	12	290	12+	-136	51
1	11	440	10	-133	51
2	10	980	8	-132	51
3	9	1760	6	-129	115
4	8	3125	4	-126	222
5	7	5470	2	-123	222



Sensores Inteligentes

Protocolo LoRaWAN:

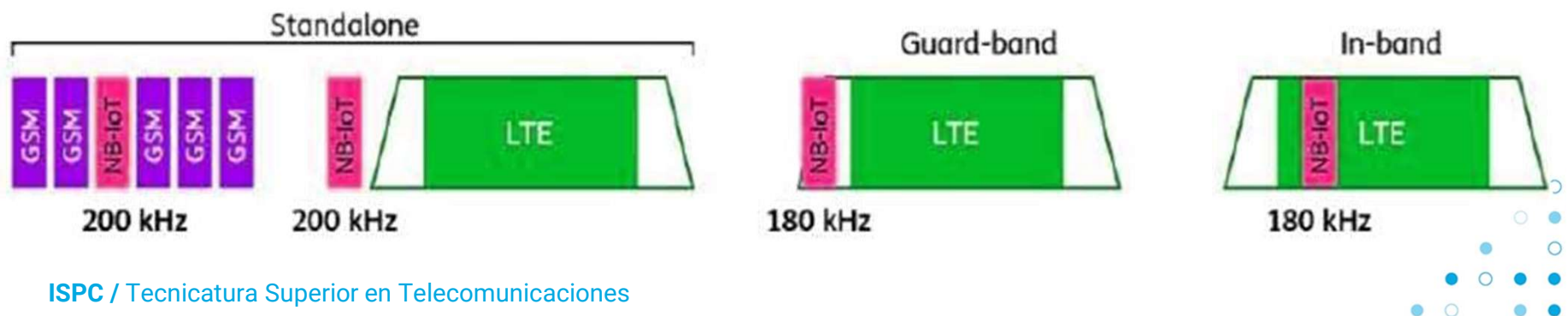
- Dada la naturaleza del protocolo LoRaWAN, existen muchas limitaciones con respecto al tamaño de las cargas útiles, la política de uso y el rango operativo. Esto se debe a que la modulación LoRa se caracteriza por un factor de propagación (SF) que define la duración del tiempo de emisión del chip.
- Aumentar el SF aumenta el tiempo del símbolo, lo que permite que la señal viaje una distancia más larga.
- Un SF más bajo permite una mayor velocidad de transmisión de datos y un menor tiempo de transmisión de símbolos, mientras que uno más alto permite el rango de transmisión más alto con una velocidad de datos más baja, por lo tanto, un mayor consumo de energía. Además, como se muestra en la tabla anterior, el SF afecta la carga útil máxima del paquete, que es igual a 222 bytes con el SF más bajo (SF7), mientras que el mínimo, en cambio, se alcanza con SF establecido en 12, con un límite de 51 bytes para los datos del usuario.



Sensores Inteligentes

Protocolo NB-IoT: Internet de las Cosas de Banda Estrecha:

- El Internet de las cosas de banda estrecha (NB-IoT) es un protocolo LPWAN creado por 3GPP que se centra en la cobertura en interiores para aplicaciones de IoT de bajo consumo y bajo costo. Como LTE-M, utiliza un subconjunto de las redes LTE existentes administradas por muchos operadores, para garantizar una alta densidad de conexión en una amplia región.
- NB-IoT utiliza modulación OFDM para comunicaciones de enlace descendente y SC-FDMA para comunicaciones de enlace ascendente, mientras que el ancho de banda está limitado a una única banda estrecha de hasta 200 kHz. Dado su alto presupuesto de enlace, se utiliza principalmente para aplicaciones de IoT urbanas con dispositivos alimentados por batería (por ejemplo, medidores inteligentes).



Sensores Inteligentes

Protocolo NB-IoT: Internet de las Cosas de Banda Estrecha:

- Dada su banda muy estrecha, generalmente se asigna dentro de las bandas de guarda de las redes LTE existentes utilizando uno o más bloques de recursos de 180 kHz cada uno. De lo contrario, se puede implementar como red independiente como resultado de una o más operaciones de portadora de frecuencia GSM re-farming operation. Es un protocolo económico de implementar, ya que se relaciona con la infraestructura LTE existente de las estaciones base de radio. La implementación del estándar requiere solo una actualización de software de la infraestructura.
- Comparado con LoRaWAN, tiene un costo por nodo más alto, ya que cada nodo necesita una suscripción con un Proveedor de Servicios de Internet, pero la cobertura general debería ser mayor, permitiendo también una alta densidad de dispositivos por kilómetro cuadrado. Tiene un consumo de energía comparable a LoRaWAN, lo que permite la creación de dispositivos alimentados por baterías que pueden durar algunos años.
- Se cree que NB-IoT es una gran alternativa a LoRaWAN para aplicaciones de Internet de las cosas de largo alcance, y es mucho mejor que el GSM antiguo pero que aún se usa, dada su mayor eficiencia y menores costos en nodos finales.



Sensores Inteligentes

Protocolo LTE-M:

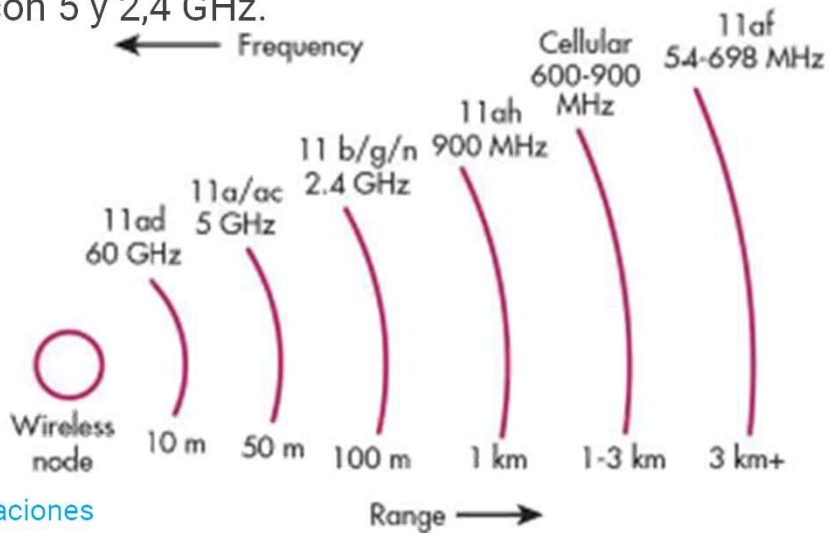
- El protocolo LTE-M, también conocido como LTE Machine Type Communication protocol, es un tipo de estándar de radio LPWAN desarrollado por 3GPP para alimentar una amplia gama de dispositivos y servicios celulares. Como sugiere el nombre, LTE-M utiliza la misma frecuencia portadora adoptada por las redes LTE, que puede ser diferente de una región a otra. Sin embargo, para limitar el consumo de energía del transceptor, el ancho de banda de la señal está limitado a 5 MHz o 1,4 MHz, mientras que las tasas de datos de enlace descendente y ascendente son más de diez veces más bajas que una conexión LTE común, ya que la tasa de datos de enlace ascendente típica para un dispositivo LTE-M puede alcanzar hasta 7 Mbit/s, mientras que la velocidad de datos del enlace descendente puede alcanzar hasta 4 Mbit/s, pero en algunas versiones está limitado a 1 Mbit/s.
- Una de las principales ventajas de LTE-M sobre los protocolos NB-IoT y LoRaWAN es su mayor velocidad de datos, seguida de la oportunidad de movilidad que ofrece esta conexión, que supera algunos de los grandes límites de LoRaWAN y NB-IoT. Sin embargo, su costo de implementación es mayor, ya que se necesita un contrato con operadores LTE-M. Además, el consumo de energía es más alto que LoRaWAN y NB-IoT, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de movilidad con duración limitada de la batería.



Sensores Inteligentes

Protocolo WI-Fi ah (HaLow):

- Wi-Fi HaLow es un nuevo estándar de Wi-Fi anunciado en 2016. Casi todos los estándares de Wi-Fi (IEEE 802.11 a / b / g / n / ac) funcionan a 2,4 GHz o 5 GHz, lo que les permite alcanzar una Velocidad de datos relativamente alta pero menor sensibilidad en un amplio rango de funcionamiento con obstáculos y paredes. Por lo tanto, estas versiones de Wi-Fi a menudo se limitan a redes de área local inalámbricas (WLAN) dentro de un rango operativo por debajo de los 50 m. Wi-Fi HaLow resolvió el problema de alcance limitado de los estándares típicos de Wi-Fi utilizando 900 MHz como frecuencia portadora, que puede atravesar paredes fácilmente en comparación con 5 y 2,4 GHz.



Sensores Inteligentes

Protocolo WI-FI ah (HaLow):

- Además, tiene un menor consumo de energía en comparación con los estándares Wi-Fi más utilizados. Dada su baja potencia y su rango operativo más amplio, que puede alcanzar hasta 1 kilómetro, podría ser un estándar interesante para las aplicaciones de IoT de LPWAN.
- Sin embargo, teniendo en cuenta la necesidad de nuevos equipos de radio, ya que utiliza una frecuencia completamente diferente a las otras versiones, en realidad rara vez se utiliza.
- HaLow se lanzó en 2016, pero en realidad casi no hay productos en el mercado que utilicen este estándar. Esto podría depender en parte de la falta de un estándar global, pero probablemente también se deba al hecho de que existen tecnologías competidoras en el mercado que abordan mejor las necesidades de IoT.



Sensores Inteligentes

Protocolo Redes 5G:

- Actualmente, en una etapa temprana, las redes 5G probablemente revolucionarán el mundo de Internet de las cosas, permitiendo una densidad de dispositivos sin precedentes por kilómetro cuadrado. Su naturaleza de latencia muy baja, combinada con una cobertura ubicua, apoyará el desarrollo de aplicaciones de Smart City, Farming e Industry con miles de nodos de detección, vehículos como automóviles autónomos, camiones e incluso drones, pero también servicios de análisis de datos en tiempo real.
- Grandes redes de área, superando todos los límites de los protocolos actuales. Sin embargo, es demasiado pronto para hablar de dispositivos 5G IoT, ya que las redes aún están en implementación y los costos son en realidad demasiado altos para ese tipo de casos de uso.



ISPC / Tecnicatura Superior en Telecomunicaciones

1G	2G	3G	4G	5G
1981	1992	2001	2010	2020
2 Kbps	64 Kbps	2 Mbps	100 Mbps	10 Gbps
Servicio básico de telefonía analógico	Servicio básico de telefonía digital (GSM) + mensajes de texto	Llega Internet al móvil	Banda ancha real (video HD)	Internet de las cosas



¡Muchas gracias!