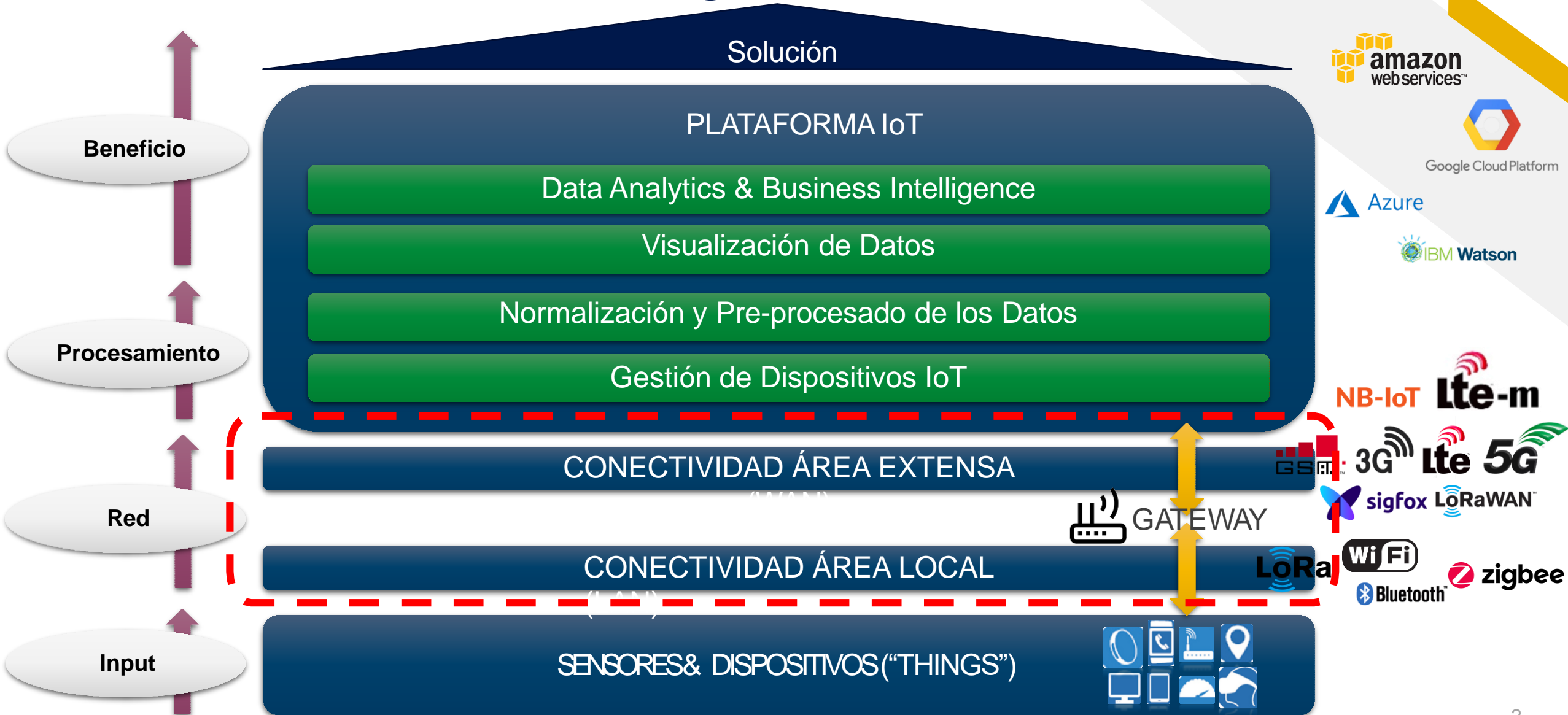


# Eduard Lara

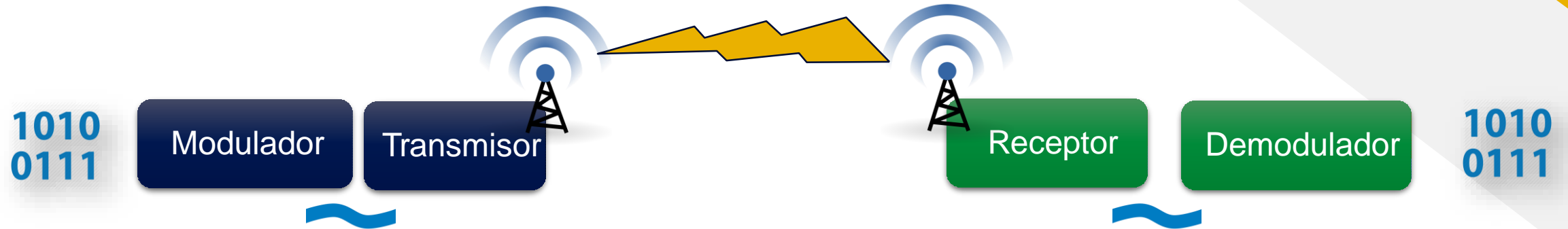
## 3.1 Conectividad de las things



## 3.1 Conectividad de las things

- Hemos visto el primero de los bloques de la arquitectura global de IoT son los sensores y dispositivos
- Ahora vamos a ver la parte de la conectividad tanto de área local (LAN) como de área extensa (WAN) con todos los protocolos asociados
- Vamos a ver cómo escoger la tecnología más apropiada en cada uno de los escenarios nuestros casos de uso

# 3.1 Introducción a los sistemas de transmisión



## Capa aplicación

- Define el intercambio entre las aplicaciones finales o usuarios, En IoT se utilizan protocolos como HTTP, MQTT

## Capa de Transporte

- Identificación Sesión / puerto (Ej: TCP / UDP)

## Capa de Red

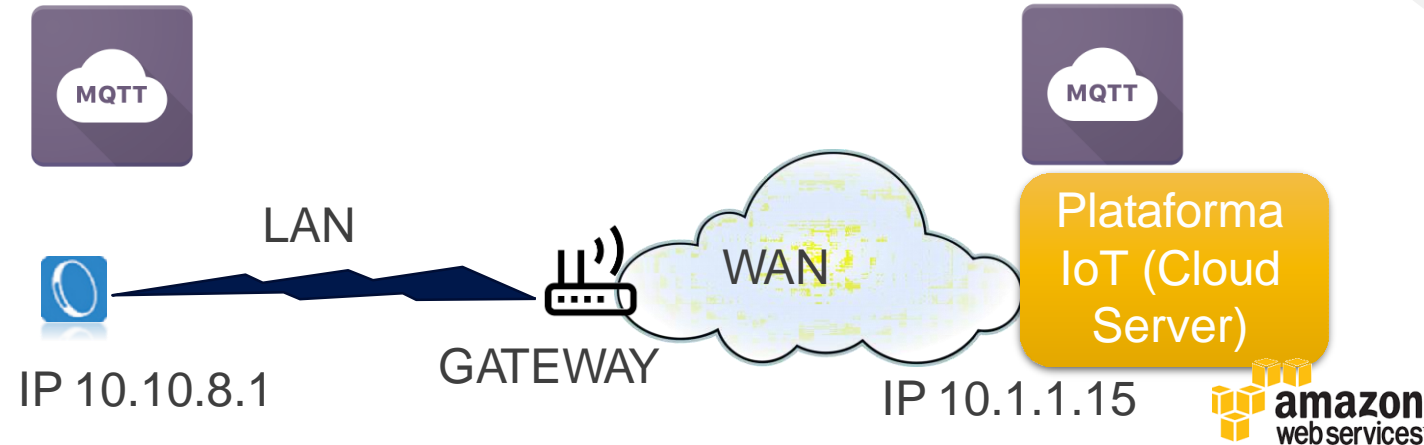
- Protocolo IP (enrutamiento origen – destino)

## Capa de Enlace

- Aseguramiento de entrega de datos entre enlaces (Protocolos definidos en IEEE, ejemplo Ethernet)

## Capa física

- Medio físico utilizado (Ej, comunicación radio utilizando protocolo WiFi)



## 3.1 Introducción a los sistemas de transmisión

Haremos una introducción muy básica a los sistemas de transmisión pero que nos ayudará a entender cómo se comunican los diferentes dispositivos de manera genérica

- **Transmisor:** Nuestro input va a ser una señal digital de unos y ceros, que queremos transmitir. Esta pasará por un modulador que hará que esos unos y ceros se conviertan en una señal sinusoidal la cual va a pasar a un transmisor que recogerá la señal en banda base y la subirá a una frecuencia la banda de frecuencia concreta y la emitirá con la potencia adecuada gracias a una antena a través del medio inalámbrico.
- **Receptor:** Al ser una comunicación inalámbrica esa onda radioeléctrica llegará a un destino que será el receptor. Este hará el proceso inverso, es decir cogerá la señal de radiofrecuencia, la llevará a banda base. La señal sinusoidal resultante al pasar por el demodulador, se convertirá en una señal digital de unos y ceros

## 3.1 Introducción a los sistemas de transmisión

Revisamos el modelo más básico de la capa OSI para ver cómo está estructurada, que protocolos hay y cómo se comunican los dispositivos en diferentes capas.

- **Capa física:** Representa el medio físico utilizado. Si se trata de una comunicación radio a través del estándar WiFi, el medio es inalámbrico. En esta capa tenemos también la fibra óptica, un cable coaxial o un cable Ethernet.
- **Capa enlace:** Asegura la entrega de los datos en un enlace entre dos dispositivos cercanos. El protocolo Ethernet nos va a permitir asegurarnos que todos los paquetes que enviamos llegan a nuestro destinatario a nivel de enlace de un punto A a un punto B. En caso de un paquete corrupto los niveles superiores pedirán una retransmisión de dichos paquetes y de los que se pierdan.
- **Capa de red:** Se utiliza el protocolo IP y básicamente consiste en enrutar un paquete desde un origen concreto hasta el destino final, no hasta el enlace más próximo o siguiente salto que tenemos.

## 3.1 Introducción a los sistemas de transmisión

- **Capa transporte:** En esta capa se identifica la sesión y el puerto utilizado en nuestra aplicación. Por ejemplo como protocolo de la capa de transporte estarían TCP y UDP.
- **Capa aplicación:** Se define el intercambio de mensaje entre las aplicaciones finales o los usuarios. En Internet of Thing es muy común utilizar protocolos como HTTP o MQTT, más común incluso MQTT

## 3.1 Introducción a los sistemas de transmisión

### Nuestro escenario real

- Nuestra thing se conectará a un Gateway y el Gateway a su vez a la plataforma IoT como puede ser AWS de Amazon.
- Vamos a tener una conectividad de área local entre las things y el gateway y por otra parte habrá una conectividad entre el Gateway y la plataforma de IoT que será la WAN

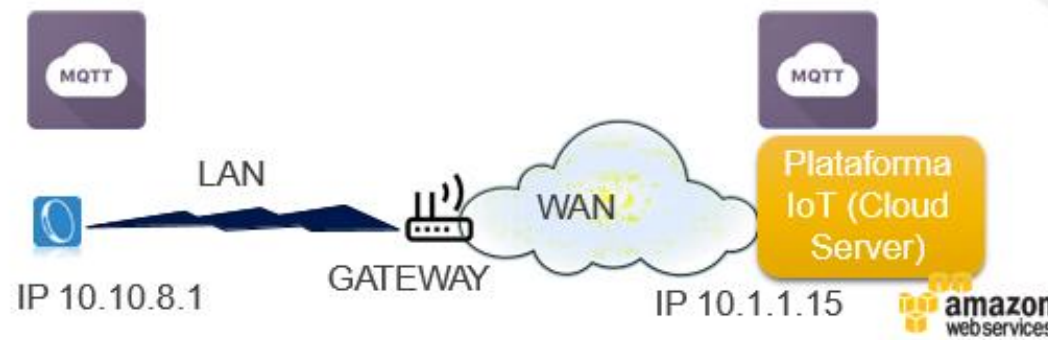
### Visto a nivel de las capas OSI

- **La capa física** justamente sería esta conexión radioeléctrica en la LAN y luego en los medios físicos que se utilicen a través de toda la WAN para llegar a nuestro destino.
- **La capa de enlace** lo que haría sería asegurar que los paquetes que se envían al Gateway llegan conforme la secuenciación que corresponde y sin tener ningún error en todas esas tramas



## 3.1 Introducción a los sistemas de transmisión

- **La capa de red** sería por ejemplo asignar direccionamiento IP a nuestra thing y a la plataforma para poder tener una conectividad entre estos dos puntos. Nuestra thing si quiere comunicarse con la plataforma IoT lo que va a hacer es emitir un paquete de capa 3 datagrama en el cual indicará cuál es su origen y cuál es la dirección IP del destino al que quiere llegar. Todos los elementos intermedios incluido el gateway lo que hará serán enrutar esos paquetes para que llegue al destino final.



- **La capa de transporte** identificaría la sesión o el puerto utilizado
- **La capa de aplicación** que podría ser MQTT, definiría el protocolo de los mensajes definidos en la aplicación que tendría la thing y la plataforma de IoT,



## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)



Veremos las tecnologías de área local LAN. Recordad que esta es la conexión entre las things y el Gateway. Haremos un breve resumen de 4 de las tecnologías más ampliamente utilizadas en la parte LAN.

### 1) WIFI

- Tecnología inalámbrica que se basa el estándar IEEE 802.11
- Uso de modulación OFDM (Eficiencia espectral), con lo cual se consigue una alta eficiencia espectral puesto que FDM modula cada pequeña banda de frecuencia en función de las características del canal para intentar conseguir el máximo provecho y eficiencia espectral.
- Gran evolución de versiones del estándar WIFI (a, b, g, n, h) aumentando velocidades de transferencia y bandas de frecuencias (no solo la banda de 2.4 GHz sino también 5GHz)
- Wifi estaba inicialmente ideado para redes de PCs <--> Routers. Ha habido tal masificación que hay serios problemas con utilizar la tecnología WiFi debido a las interferencias. Por eso también se creó la posibilidad de la banda de 5 GHz

## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)

### 2) BLUETOOTH

- Seguramente la hemos utilizado alguna vez con nuestro smartphone
- Red inalámbrica de área personal WPAN operando en la banda ISM de 2,4GHz.
- Hay una evolución constante de los estándares de Bluetooth. Ahora mismo están en la Clase 1 a la 5.
- Muy usado en redes que no requieren de un gran alcance, ni tampoco una alta capacidad



### 3) LORA

- Es una red LPWAN (Low-Power Wide Area Network), lo que significa baja potencia sobre un área extensa. Utilizada tanto para la conectividad LAN como WAN, puesto que permite un alcance de hasta 15 kilómetros (se puede utilizar en ambos lados)
- Utilizan una modulación patentada por Semtech que se llama Chirp Spread Spectrum, de espectro ensanchado que consigue que su espectro esté incluso por debajo del nivel de ruido y por tanto ofrece una robustez muy fuerte a cualquier tipo de interferencias.
- Se utiliza bastante en entornos IoT y es una tecnología muy a tener en cuenta.





## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)



### 4) ZIGBEE

- Red inalámbrica de Área Personal (WPAN). Especificación basada en estándar IEEE 802.15.4
- Una red Zigbee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos y utilizando topologías en estrella y mesh (en malla).
- No tenemos por qué tener una conexión de nuestra thing a nuestro Gateway de manera directa, sino que pueda haber una topología de malla que permita a una thing conectarse a la siguiente y esa siguiente al Gateway. la cadena no tiene limitación pero sí que tiene que tener en cuenta que la subred no pueden superar los 255 nodos.
- Esto da mucha versatilidad puesto que no siempre vamos a tener un Gateway cercano o nos queremos ahorrar el coste de tener siempre una conexión directa. Con Zigbee podemos tener una concatenación de todas nuestras things hasta llegar a la última que es la que ya está conectada al Gateway. Muy utilizada para entornos en las que necesitamos dispositivos espaciados cada X tiempo → Monitorizar el estado de todas las farolas de una calle, interconectando el dispositivo de una farola al dispositivo de la siguiente, al dispositivo la siguiente, y el último se conectaría al que tuviese el gateway

## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)







### 4) ZIGBEE

- Clasificación de dispositivos zigbee en:
  - Dispositivo de funcionalidad completa: Nodos activos que pueden trabajar como Coordinador o Router Zigbee. Permite transportar información de otro dispositivo hacia hacia el siguiente elemento
  - Dispositivos de funcionalidad reducida: Nodos pasivos que no pueden operar como un router zigbee, y que normalmente serían los sensores/actuadores de la red, aunque también hay sensores que actúan como nodos de funcionalidad completa

## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)

GATEWAY

| Tecnología   | Banda de Frecuencia         | Throughput                      | Alcance (m) | Ventajas  | Desventajas                                 | Consumo   | Precio módulo |
|--|-----------------------------|---------------------------------|-------------|---|---|---|---------------|
|  <b>Wi-Fi</b>    | 2,4 / 5 GHz                 | 11 / 54 / 300 / 433 / 1300 Mbps | 30          | Velocidad elevada   | Baja capacidad penetración / Interferencias | Moderado  | 10€           |
|  <b>Bluetooth</b> | 2,4 GHz                     | 0,125 / 1 / 2 Mbps              | 10          | Compatibilidad con dispositivos existentes. Muy utilizado en posicionamiento de interiores    | Gestión de perfiles (emparejamiento)        | Bajo  | 10€           |
|  <b>LoRa</b>    | 169 MHz / 433 MHz / 868 MHz | 10 kbps                         | 15000       | Muy bajo consumo, gran alcance  | Baja velocidad                              | Muy bajo (no hay señalización, solo "active" cuando datos para transmitir). Hasta 1000 veces menos que WIFI | 5€            |
|  <b>zigbee</b>  | 868 MHz / 2,4 GHz           | 20 - 250 kbps                   | 100         | Bajo consumo, permite estructura en cadena (IoT mesh). Muy utilizado en smartcity y smarthome | Baja capacidad penetración                  | Bajo  | 20€           |

## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)

Vamos a ver la comparativa entre las diferentes tecnologías. Esta basada en los siguientes parámetros: la banda de frecuencia, throughput (la velocidad a la que permite ir), el alcance en metros, ventajas, desventajas, su consumo y el precio del módulo de esa tecnología.

### 1) WIFI

- Utilizaría la banda 2,4 y 5 gigahercios.
- Tiene un throughput que va desde los 11 Mbits hasta 1300 Mbits en la última especificación por tanto es muy elevada la capacidad
- El alcance no supera los 30 metros.
- Ventajas: Velocidad elevada
- Desventaja: Baja capacidad de penetración. A mayor frecuencia mayores pérdidas y menos penetración. Tiene interferencias debida a esa masificación de uso de WiFi.
- Consumo: Es moderado
- Precio: un módulo de wifi podría costar en torno a 10 euros

## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)

### 2) BLUETOOTH

- Opera en la banda de frecuencia de 2.4 GHz
- Permite un throughput entre 125 Kbits hasta 2 Mbits, depende de la especificación
- Alcance no supera los 10 metros. Unos auriculares bluetooth puede perder la comunicación con nuestro Smartphone a los 10m
- Ventajas: La compatibilidad con dispositivos existentes ya que está muy difundido y es muy utilizado en posicionamiento de interiores
- Desventaja: Tiene una difícil gestión de perfiles y se necesita siempre un emparejamiento entre dispositivos
- El consumo es muy bajo, una característica importante del futuro
- Precio de módulos en torno a los 10 euros.



## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)

### 3) LORA

- Opera en 3 banda 169, 433 y 868 MHz
- La capacidad que ofrece es muy baja, entorno a 10 kbits
- Alcance es de 15 kilómetros. Es una tecnología que se puede aplicar en LAN pero también en la parte de WAN (es una LPWAN). Se puede utilizar en ambos mundos
- Ventajas: tiene un consumo muy bajo y también un gran alcance
- Desventaja: La baja velocidad
- Consumo: es muy bajo. Debido al throughput que se requiere, la energía necesaria para conseguir modulaciones más robustas o de mayor densidad es muy baja. Indicar que no hay señalización, el dispositivo sólo está activo cuando hay que transmitir. Respecto a wifi tendría un consumo hasta mil veces menos.
- Precio de módulo: puede rondar los 5 euros un módulo capaz de trabajar con tecnología LORA

## 3.2 Tecnologías Local Area Network (LAN)

### 4) ZIGBEE

- Utiliza la banda 868 MHz con 2.4 MHz en banda ISM también
- Throughput estaría en la banda entre 20 y 250 kbps
- Alcance: rondaría los 100 metros
- Ventajas: Tiene un bajo consumo. Y permite esa estructura en malla. Es por eso que está muy utilizado en entornos de Smart City o smartphone.
- Desventaja: La baja capacidad de penetración puesto que también opera en bandas de frecuencias elevadas.
- Consumo: también es bajo, no llega al de Lora, pero está cercano al consumo de Bluetooth.
- El precio por módulo puede rondar en torno a los 20 euros.

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)



- Generaciones de comunicaciones móviles (3GPP)
- Evolución en la modulación utilizada mejorando la eficiencia espectral (GMSK 7 CDMA 7 OFDM)
- Progresivo aumento de bandas de frecuencia y anchos de banda utilizables
- Tecnologías MIMO y ondas mmW (5G)

### NB-IoT

- Tecnología LPWAN como solución del 3GPP a las soluciones IoT
- Utiliza modulación DSSS diferente de LTE y por tanto el coste de despliegue es mayor que en LTE-M
- Utiliza normalmente las frecuencias de guarda existentes en las redes LTE/5G actuales



- Tecnología LPWAN como solución del 3GPP a las soluciones IoT
- Compatible con las redes actuales LTE, solo es necesario una actualización de red (utiliza recursos dentro del ancho de banda de las señales LTE)



- Compañía francesa que proporciona cobertura LPWAN
- Utiliza modulaciones UNB (Ultra Narrow Band) para alcanzar grandes distancias con un bajo consumo energético a costa de una capacidad muy baja pero suficiente para aplicaciones específicas.

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 1) Tecnologías de comunicaciones móviles (GSM, 3G, LTE-4G y 5G)

- Generaciones y tecnologías están estandarizadas por el 3GPP
- Están en continua evolución, añadiendo mejoras con cada nueva reléase
- Evolución constante en la modulación utilizada para mejorar la eficiencia espectral puesto que la principal demanda ha sido conseguir un mayor throughput. Hemos pasado de GSM que utilizaba modulación GMSK hasta LTE y 5G que utiliza OFDM.
- Progresivo aumento de las bandas de frecuencia utilizadas y del ancho de banda utilizable, que ha permitido aumentar aún más la capacidad y el throughput que proporcionan
- LTE y 5G está muy fundamentada en tecnologías como MIMO y el uso incluso de ondas milimétricas (mmW)
- La tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output), se basa en utilizar tanto en el transmisor como en el receptor un número más elevado de antenas. En lugar de utilizar una antena transmisora y receptora, si utilizamos 4 transmisores y 4 receptores podemos multiplicar teóricamente hasta por cuatro el throughput

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

- En cuanto a las ondas milimétricas, significa que no solamente utilizan bandas de frecuencia en torno a los MHz o pocos GHz, sino que también se permite utilizar bandas de frecuencia de 80-90 GHz. Aunque tengamos menos penetración en esas bandas, se permite un ancho de banda muchísimo más elevado, sin interferencias con otros sistemas.

### 2) LTE-M1

- Es una tecnología LPWAN que también aporta el 3GPP como solución a las propuestas de Internet of Things.
- Es compatible con las redes actuales LTE. Sólo es necesario en la actual red de un operador actualizar la versión de software del vendedor concreto
- Utiliza recursos dentro del ancho de banda de las señales de LTE.
- Por eso es mucho más rápido la adopción de esta tecnología y es algo que se está expandiendo muchísimo la tecnología LTE M1.

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 3) NB-IoT (Narrow Band IoT)

- Tecnología LPWAN como solución del 3GPP a las soluciones IoT
- El problema de NB-IoT es que utiliza modulación DSSS que es diferente a la utilizada en LTE y por tanto el coste del despliegue es mayor que en el caso anterior.
- Normalmente utiliza frecuencias de guarda existentes en las redes actuales LTE. Existe una pequeña banda de guarda entre la banda de descarga y la banda de subida, donde NB-IoT la utiliza para meter señales de los dispositivos IoT.

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)


### 4) SIGFOX

- Compañía francesa que proporciona cobertura LPWAN. Son ellos los que hacen el despliegue de toda su red y toda su infraestructura. Después si nosotros queremos emprender nuestra solución de IoT, contrataremos sus servicios para poder interconectar nuestros dispositivos a través de la plataforma SigFox
- Utiliza modulaciones UNB (Ultra Narrow Band) para alcanzar grandes distancias con bajo consumo energético a costa de una capacidad muy baja pero que puede ser suficiente para determinadas aplicaciones específicas.
- Tiene un consumo energético bajo, ya que el canal de frecuencia utilizado es muy estrecho, siendo la capacidad muy baja y necesitándose poca energía para transmitir.

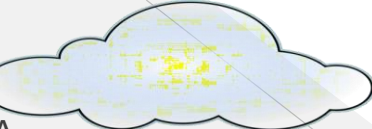
### 5) LORAWAN

- Tecnología LPWAN explicada anteriormente
- El principio de uso es exactamente el mismo.























### 3.3 Tecnologías Wide Area Network (WAN)



GATEWAY



Plataforma IoT (Cloud Server)

| Tecnología   | Banda de Frecuencia  | Throughput  | Ventajas  | Desventajas                                       | Consumo  | Precio por dispositivo |
|--|--|---|---|---|--|------------------------|
|    | 900 / 1800 MHz   | 20 kbps        | Bajo consumo respecto 3G/4G/5G  | Bajo Throughput                                   | Bajo                      | 10€                    |
|    | 900 / 2100 MHz   | 2 Mbps         | N/A   | Alto consumo                                      | Alto                      | 10€                    |
|    | 800 / 1800 / 2600 MHz  | 100 Mbps       | Throughput elevado  | Sigue teniendo un consumo elevado                 | Medio                     | 20€                    |
|    | 800 / 1800 / 2600 MHz / 28 GHz (redes privadas por el corto alcance de esta banda) | 1 Gbps  | Bajo consumo, throughput, eficiencia, latencia ~1ms   |   | Bajo (modo bajo consumo)  | 20€                    |
|    | 800 / 1800 / 2600 MHz  | 1 Mbps  | Menor consumo batería, latencia 50-100 ms. Más fácil de implantar que NB-IoT  | Consumo mayor que NB-IoT. Latencia ~50ms < NB-IoT | Bajo (10 años), como 2G   | 15€                    |
|   | 800 / 1800 / 2600 MHz  | 20-250 kbps   | Bajo consumo, modo para reducir señalización.   | Latencia 1,5-10 s                                 | Muy bajo (+10 años)      | 10€                    |
|  | 169 / 434 / 868 MHz  | 50 kbps      | Muy bajo consumo, alcance. Hasta 1000 dispositivos conectados, sin señalización   | Bajo throughput, sensibilidad ruido               | Muy bajo                | 5€                     |
|  | 868 MHz  | 100-600 bps  | Bajo consumo, alta resistencia al ruido. Alcance ligeramente superior que LoRa WAN (rápido despliegue), es una compañía de servicios por tanto hay soporte, no como LoRaWAN | Bajo throughput                                   | Muy bajo                | 5€                     |

7





## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

Comparativa de la tecnología de área extensa. La área extensa es la conexión entre el gateway y la plataforma de IoT

### 1) GSM

- Utiliza la banda de 900 y 1800 MHz
- Tiene un throughput en torno a 20 kbps
- Ventaja: Consumo muy bajo respecto a otras tecnologías de comunicaciones móviles. Está cercano al 5G pero incluso es un poco más bajo.
- Desventaja: Baja velocidad
- Consumo: Es bajo
- Precio: Puede estar en torno a los 10 euros

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 2) 3G

- Utiliza la banda de 900 y 2100 MHz
- Throughput puede llegar a 2 Mbps. Con HSPA puede tener un poco mas de capacidad p
- Ventaja: no tiene una ventaja clara para utilizarlo puesto que GSM tiene menor consumo para aplicaciones que lo requieran y el resto de generación de comunicaciones móviles tienen siempre mejores especificaciones que el 3G en todos los apartados.
- 3G está prácticamente en desuso para la parte de Internet of Things.
- Desventaja: tiene un alto consumo
- Precio del dispositivo sería parecida al 2G,



## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 3) LTE 4G

- Utiliza la banda de frecuencia de 800, 1800 y 2600 MHz principalmente, también puede utilizar por ejemplo 3500 MHz.
- Throughput: Puede llegar a 100 Mbits
- Ventajas. Su capacidad
- Desventaja: Tiene un consumo tan elevado a pesar de ser más bajo que el 3G, sigue siendo bastante elevado
- Consumo: Es medio, por debajo de 3G y por encima de 2G
- Precio de hacer una contratación de una línea LTE está alrededor de 20 euros.

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 4) 5G

- Permite utilizar todas las frecuencias de LTE pero además frecuencias superiores como pueden ser 26 y 28 GHz. De hecho se podría utilizar según el estándar en bandas de frecuencias superiores a esta
- Throughput es de hasta 1 Gbps. Para ser una conexión inalámbrica sorprende bastante
- Ventaja: Tiene un bajo consumo para la capacidad que tiene. La latencia está entorno al mseg lo que define el estándar. Algunas aplicaciones requieren de una latencia muy baja.
- Si una aplicación del coche conectado necesita responder inmediatamente a cualquier suceso que aparezca enfrente nuestro, necesitamos una latencia hiperbaja para no chocarnos con un elemento que haya enfrente.
- Desventaja: Ninguna. Promete ser una solución a muchos problemas que hay en IoT hoy
- Consumo: Es bajo. No es tan bajo como el 2G pero bastante más bajo que LTE
- El precio para poder contratar una línea de 5G es entorno a 20 euros

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 5) LTE M1

- Utiliza las mismas bandas que el 4G
- Throughput: de 1Mbps.
- Ventajas: Menor consumo de batería, una latencia en torno a 50 -100mseg que esta bastante bien como LTE y es más fácil de implantar que NB-iot. Las redes actuales con una simple actualización de la red de todo su equipamiento podría dar soluciones de LTE M1
- Desventaja. El consumo es mayor que en NB-iot puesto que es su rival y la latencia está en torno a 50 mseg, por encima de 5G pero aún así es menor que en NB-iot
- Consumo: Es bajo en torno a los 10 años se estima muy parecido al 2G
- Precio por dispositivo entorno a 15 euros

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 6) NB-IoT

- Opera en la mismas frecuencias
- Throughput: Bajaría considerablemente entorno a 20 y 250 kbps. Estamos utilizando la banda de guarda y por lo tanto tenemos menor ancho de banda.
- Ventajas: Tenemos un consumo muy bajo y también hay un modo para reducir incluso la señalización. La latencia está entre 1.5 y 10 segundos, esta es su desventaja principal respecto a otros sistemas
- Consumo: es muy bajo, es trabajo por encima de los 10 años. Principal ventaja
- En precio por dispositivo ronda entorno a los 10 euros

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 7) LORAWAN

- Muy parecido a la parte de local area network con las mismas características pero que se puede utilizar también para la parte de WAN
- Utiliza esta banda de frecuencia 169, 434 y 868 MHz
- Throughput entorno a 50kbps
- Ventajas: muy bajo consumo. El alcance es muy elevado y puede tener hasta 1000 dispositivos conectados sin señalización
- Desventaja: Capacidad es baja, y además tiene sensibilidad al ruido.
- Consumo muy bajo
- Precio por dispositivo estaríamos entorno a los 5 euros.

## 3.2 Tecnologías Wide Area Network (WAN)

### 8) SIGFOX

- Opera en la banda 868 MHz
- Throughput estaría entre 100 y 600 bps. Es que ofrece una capacidad más baja.
- Ventajas: Muy bajo consumo. Es su cualidad estrella. También tiene una alta resistencia al ruido por la modulación que utiliza y el alcance es ligeramente superior a la parte de LORAWAN. El despliegue hace que sea muy rápido
- Desventaja: Bajo Throughput.
- Consumo muy bajo por debajo de LORAWAN
- Precio por dispositivo estaría entorno a los 5 euros.



## 3.4 Caso Práctico Elección Tecnologías

### EJEMPLO 1)

Instalación industria IoT donde se necesita:

- Seguimiento de productos a los largos de toda la cadena de montaje
- Monitorización de motores en tiempo real
- Captura de vídeo de las diferentes máquinas del proceso productivo

Importante: En este entorno industrial los periodos de mantenimiento se realizan periódicamente pero cuanto más largos sean mejor. Existe posibilidad de alimentación eléctrica

---

Monitorización en tiempo real ⑦    Baja latencia    Captura de vídeo ⑦    Alta capacidad (throughput)  
 Posibilidad de alimentación eléctrica ⑦    El consumo no es un problema



## 3.4 Caso Práctico Elección Tecnologías

### EJEMPLO 2)

Monitorizar el flujo de agua de una red municipal de distribución para identificar posibles roturas y patrones que las causan para que a través de machine learning podamos adelantarnos a la rotura como tal.

Monitorización de red NRT ⑦ No hay necesidad de baja latencia

Captura de datos de poco volumen ⑦ No hay necesidad de alta capacidad (throughput). Se podría hacer mesh debido a la continuidad de dispositivos.

Se requiere de bajo consumo puesto que los elementos no tienen conexión eléctrica y su ubicación para el mantenimiento puede ser complicada

LAN



WAN

