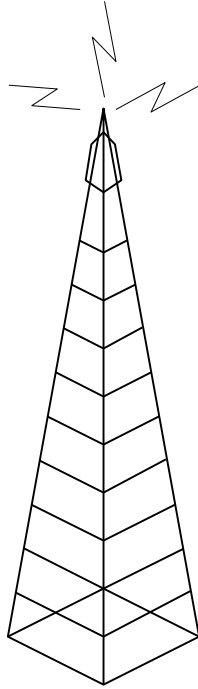


REDES DE INFORMACIÓN



Radio tower

LAN INALÁMBRICAS

Ingeniero ALEJANDRO ECHAZÚ
aechazu@comunicacionnueva.com.ar

GENERALIDADES

APLICACIONES DE LAN INALÁMBRICAS

1. Ampliación de redes

Empleo de Puntos de Acceso (AP) inalámbricos.

De celda única o multicelda.

2. Inteconexión de edificios

Empleo de radioenlaces punto a punto, que une routers o bridges.

3. Acceso nómade

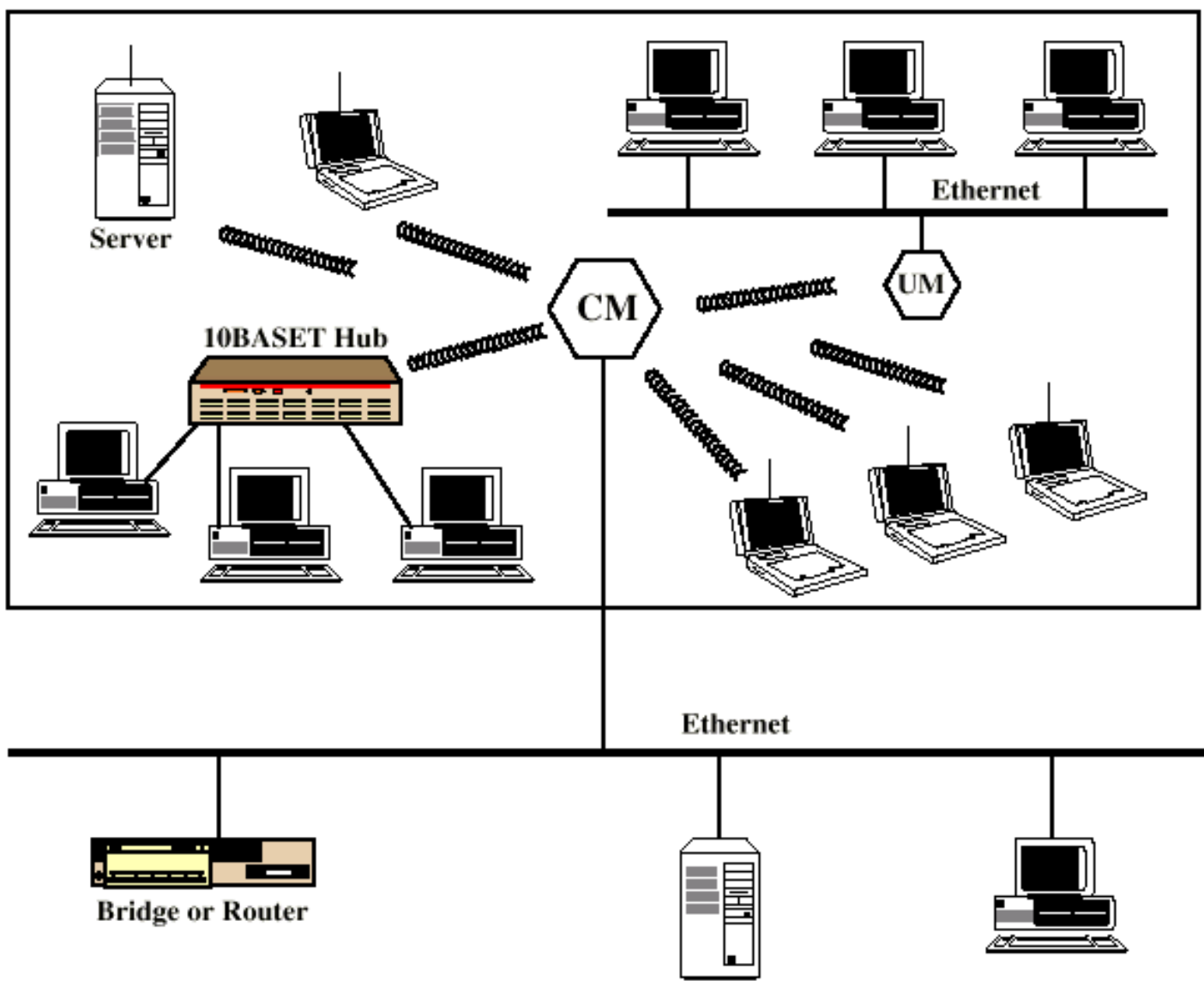
Permite el acceso a una computadora móvil o portátil.

4. Trabajo en red “ad hoc”

Sin servidor central. Peer to peer.

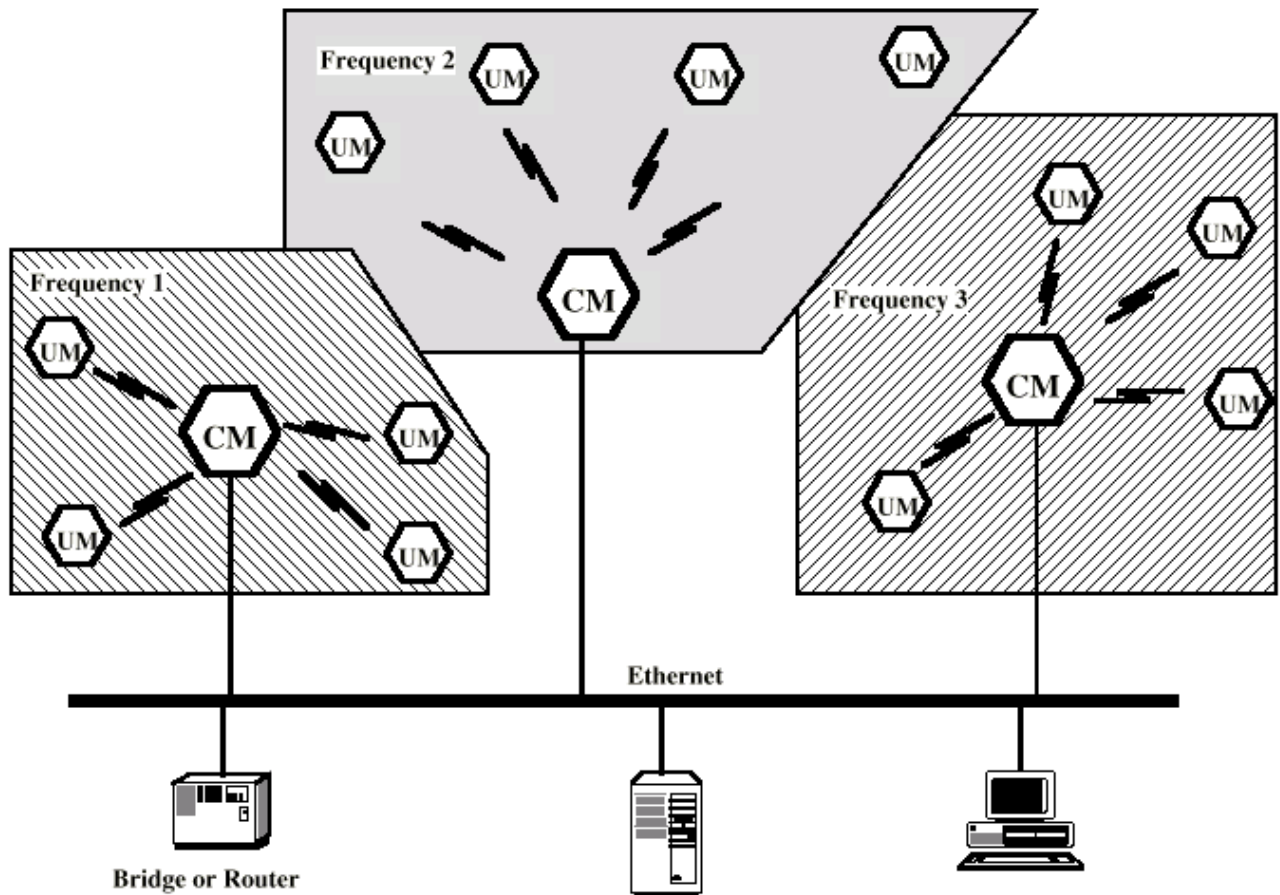
LAN INALÁMBRICA DE CELDA ÚNICA

AMPLIACIÓN DE RED

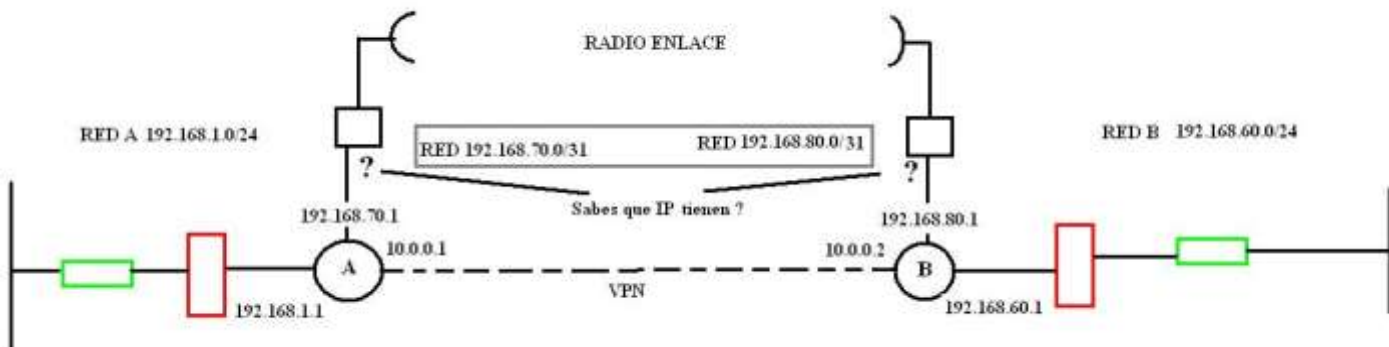


LAN INALÁMBRICA MULTICELDA

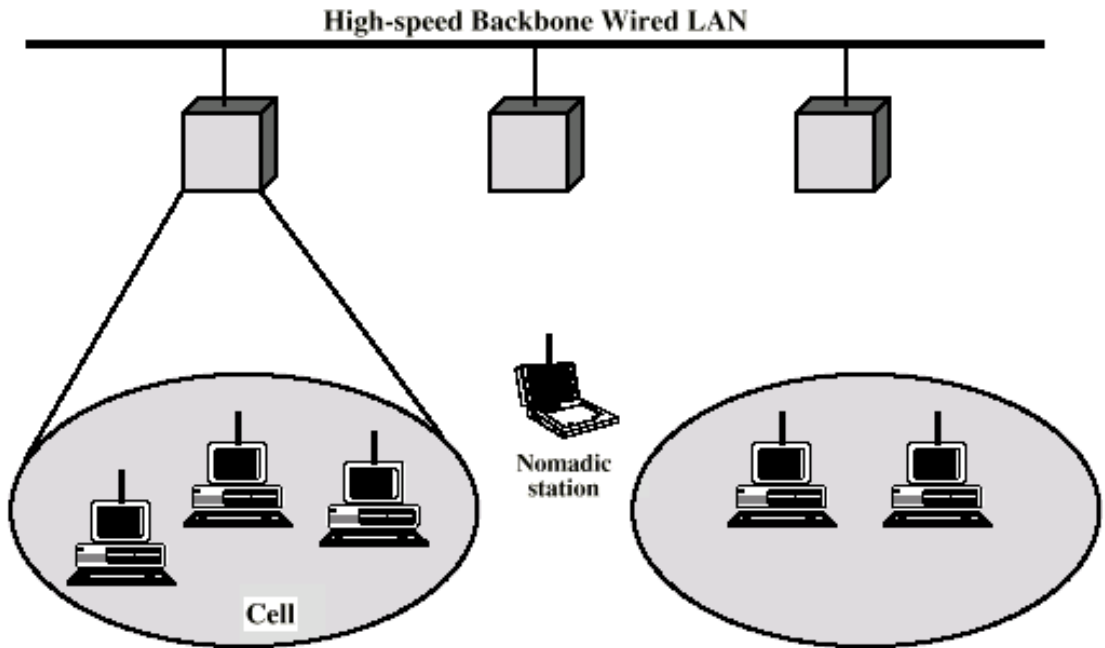
AMPLIACIÓN DE RED



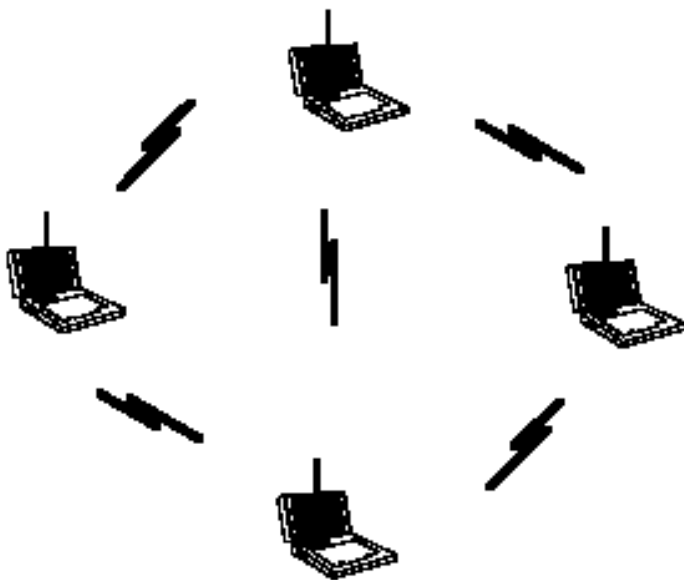
INTERCONEXIÓN DE EDIFICIOS



ACCESO NÓMADE DE LAN INALÁMBRICA



(a) Infrastructure Wireless LAN



(b) Ad hoc LAN

**ACCESO AD
HOC “PEER TO
PEER” DE LAN
INALÁMBRICA**

REQUISITOS LAN **INALÁMBRICAS**

- **Rendimiento**
- **Número de Nodos**
- **Conexión a la LAN troncal**
- **Área de Servicio**
- **Consumo de batería**
- **Robustez en la transmisión y seguridad**
- **Funcionamiento de redes adyacentes**
- **Funcionamiento sin licencia**
- **Traspaso (Handoff) / Intinerancia (Roaming)**
- **Configuración dinámica**

TECNOLOGÍAS DE LAN INALÁMBRICAS

- **De Infrarrojos (IR)**

- Haz dirigido
- Omnidireccional
- Difusión (uso de reflector)

- **Radio por espectro expandido**

**Dos técnicas: Salto de Frecuencia y Secuencia Directa.
Banda 900 MHz, 2,4 GHz y 5,8 GHz**

Topología con concentrador o peer to peer

No necesita licencia del ENACOM.

- **Radio (microondas) de banda estrecha**

Se conoce también como radioenlaces.

- **Con licencia del ENACOM (coordinación, sin interferencias, configuración en celdas). Banda 18 GHz.**

- **Sin licencia del ENACOM (configuración entre pares, baja potencia). Banda 5,8 GHz.**

ESPECTRO ENSANCHADO SPREAD SPECTRUM



**HEDY LAMARR (1914 / 2000)
ACTRIZ E INVENTORA DE LA TÉCNICA
PATENTE DE SISTEMA DE COMUNICACIONES
SECRETO**

**9 DE NOVIEMBRE DÍA DEL INVENTOR
INTERNACIONAL**

TÉCNICAS DE ESPECTRO ENSANCHADO (SS)

Uso de una secuencia de expansión (pseudoaleatoria oseudoruido) en el tx y rx.

Más inmunidad a distintos ruidos (robustez).

Seguridad en las comunicaciones (baja detectabilidad y capacidad de encriptación).

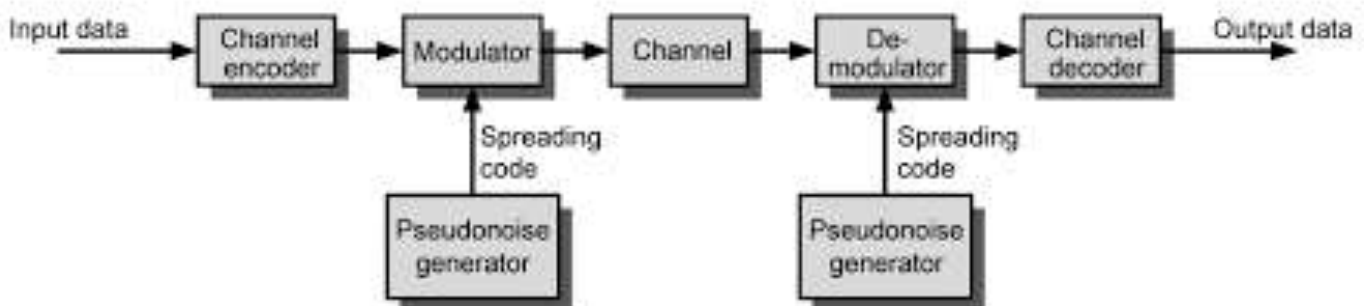
Permite varios usuarios en el mismo ancho de banda, con pocas interferencias.

Estas ventajas compensan la pérdida de **eficiencia espectral** (V_{tx} / AB).

Con esta técnica no se requiere licencia para usar el canal radioeléctrico. En Argentina el organismo regulador es el ENACOM (ex-CNC).

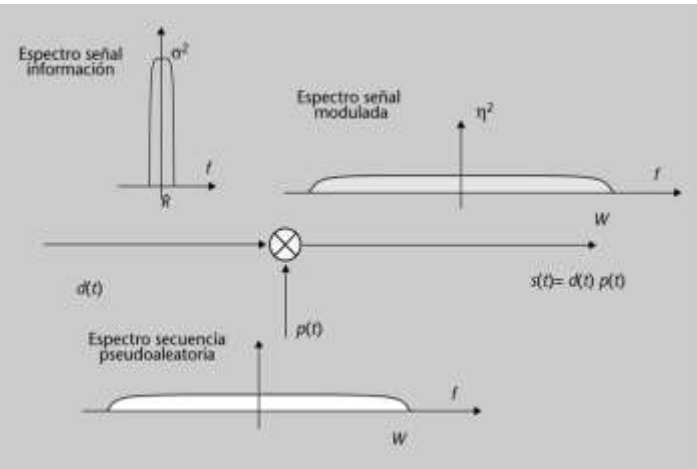
Tecnología de multiplexión (CDM) y acceso múltiple (CDMA).

Difundo su uso en las tecnologías Wi Fi y Bluetooth.

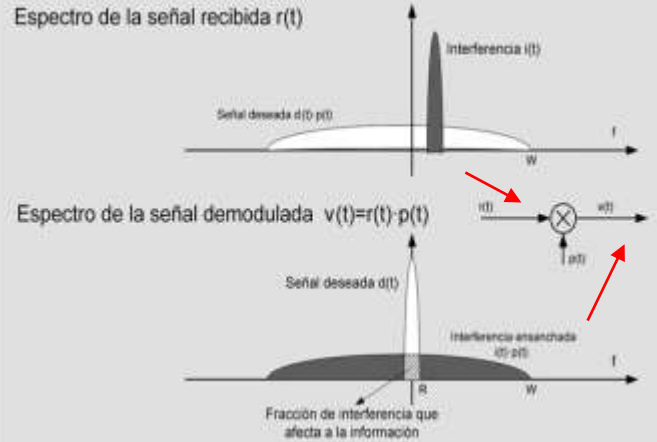


PROCESO DE ESPECTRO EXPANDIDO

TRANSMISOR



RECEPTOR

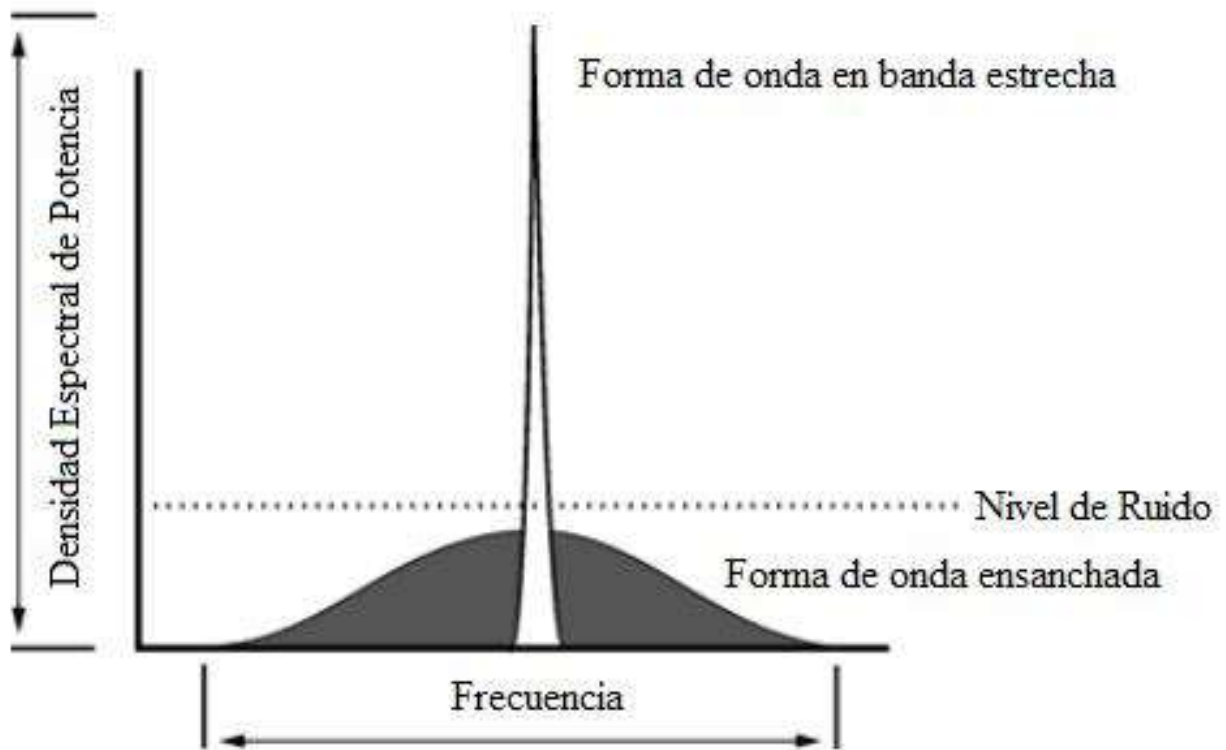


SECUENCIA PSEUDOALEATORIA $P(T)$

GENERACIÓN MEDIANTE UN MISMO CÓDIGO EN TX Y RX

TIENE PROPIEDADES DE LAS SEÑALES ALEATORIAS PERO NO LO SON

SECUENCIA DIRECTA



SALTO DE FRECUENCIA

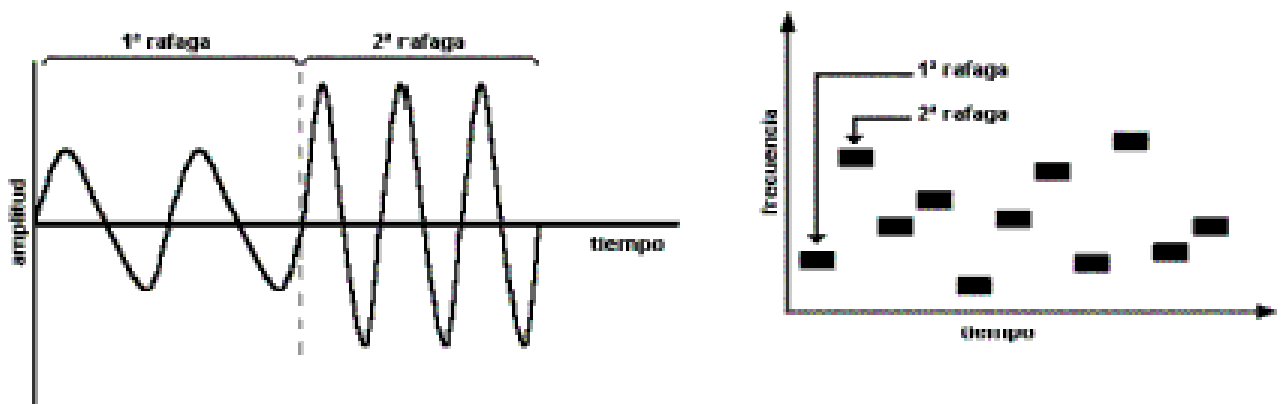
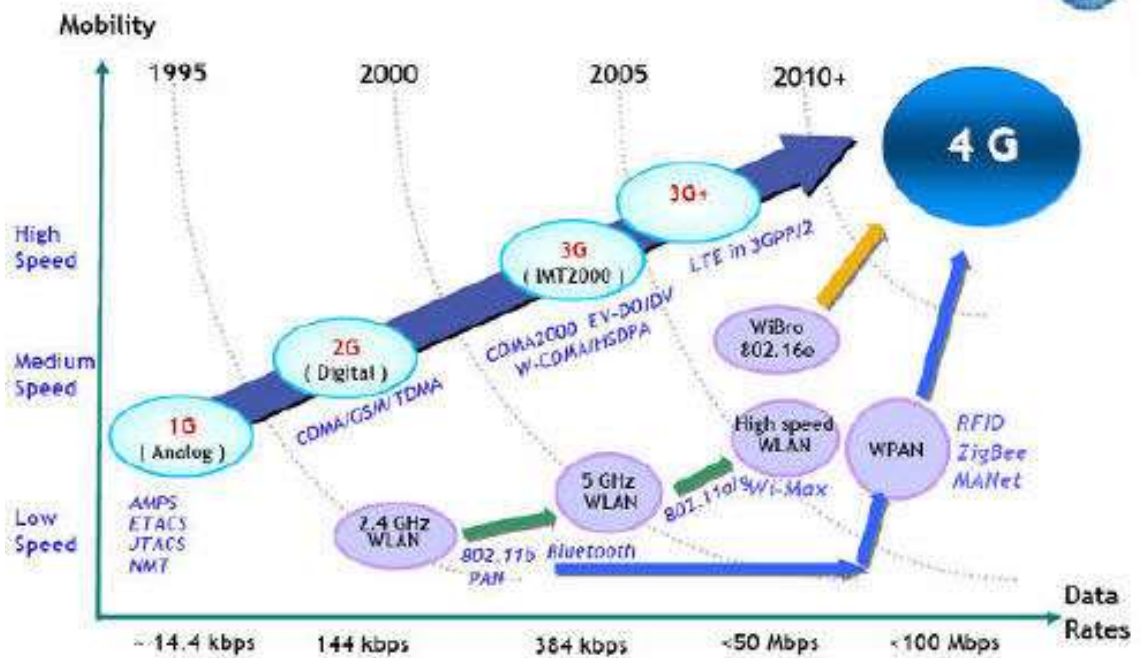
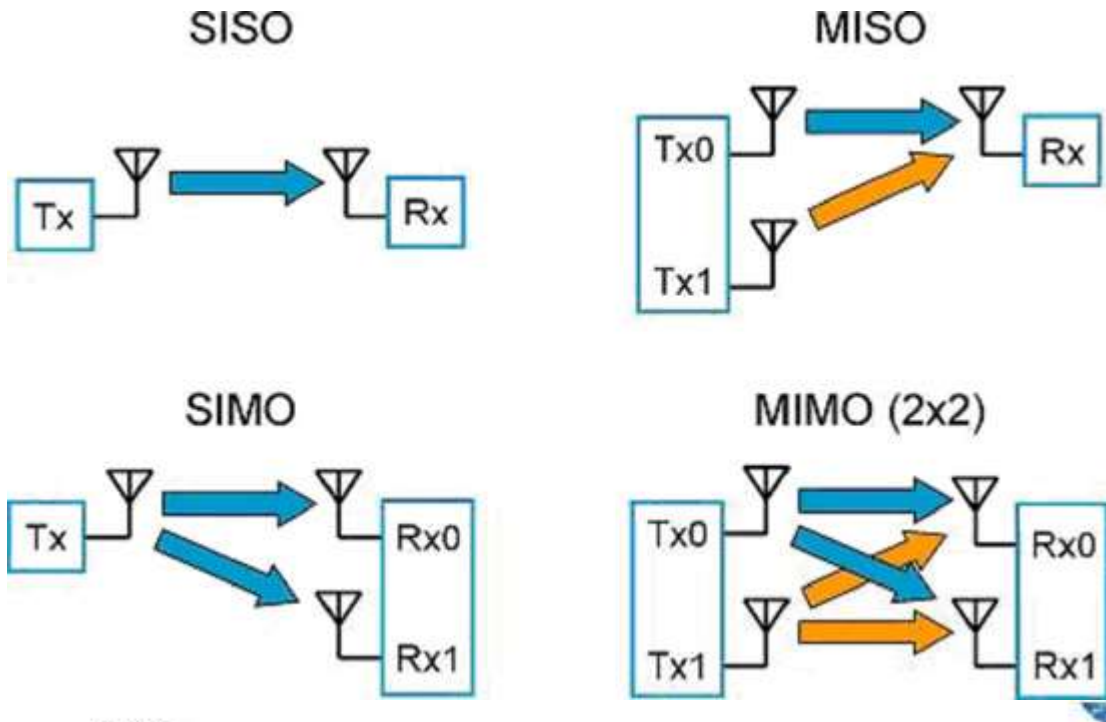


Figura 9: Gráfica de Codificación con Salto en Frecuencia

Tecnología de radio MIMO

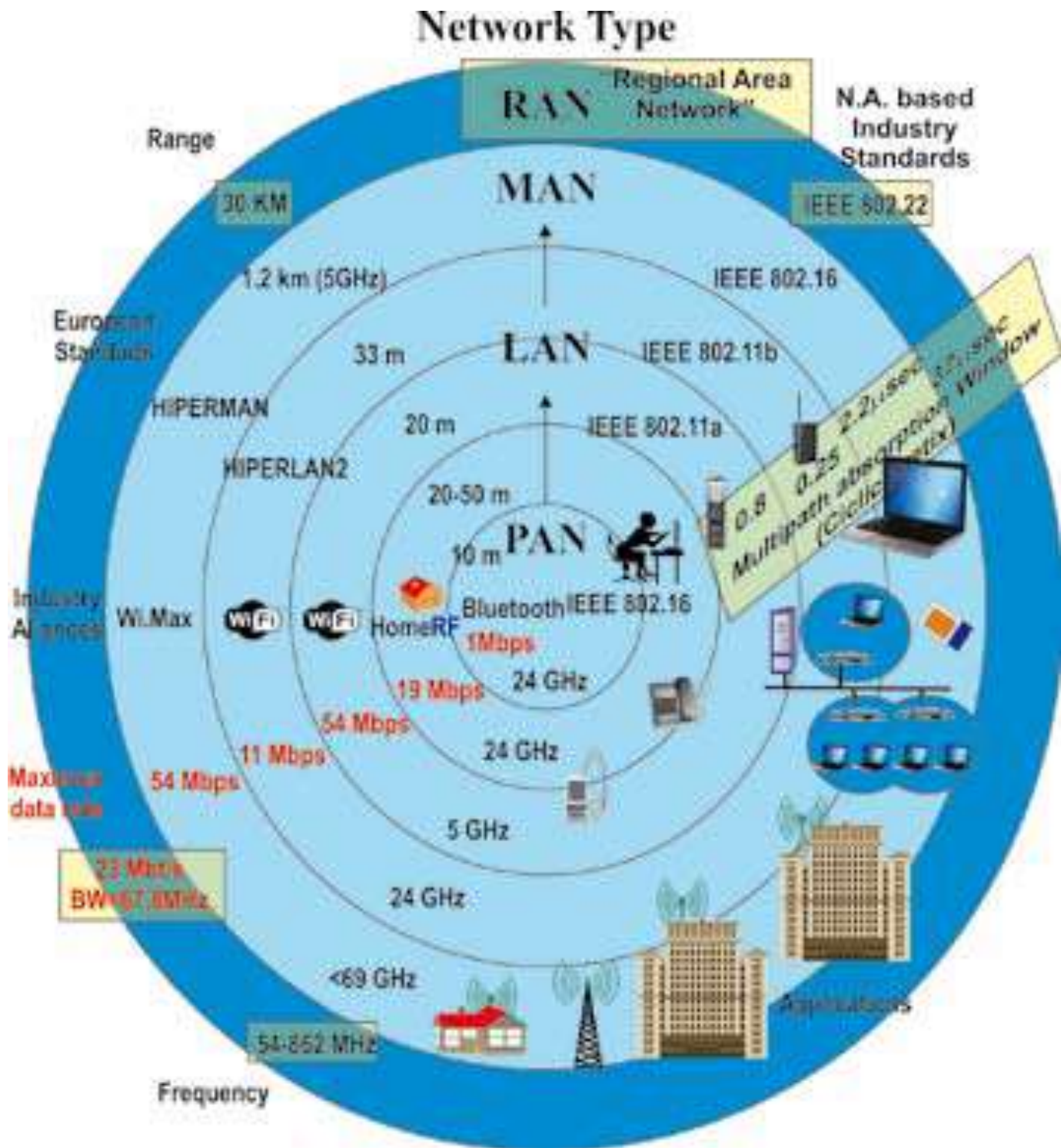
- Múltiples entradas / Múltiples salidas
- Comparación SIMO, MISO y SISO



Tecnologías inalámbricas para transmisión de datos

| | Ejemplo Norma | Banda | Vel máx Alcance | Técnica Met Mod |
|----------------|--|--|--|---------------------------|
| WPAN | BLUE TOOTH IEEE 802.15 | 2,4 GHz | 1 Mbps a 24 Mbps 10 m | FH GFSK |
| WLAN | WI FI Ethernet sin cables IEEE 802.11 | 2,4 GHz 5,8 GHz | 11 Mbps 54 Mbps 50 m | DS FH |
| WMAN o WWAN | WI MAX IEEE 802.16 | 2,3 a 3,5 GHz | 54 Mbps 60 km | |
| WRAN | IEEE 802.22 | Espacios libres entre 54 a 862 MHz (TV) | 23 Mbps 33 km pudiendo llegar a 100 km | OFDMA Sin licencia. |

GRÁFICO RESUMEN TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS



WPAN



- **Protocolo de comunicaciones de bajo costo y poco alcance, que depende de la clase/potencia.**

| Clase | Potencia máxima permitida (mW) | Potencia máxima permitida (dBm) | Alcance (aproximado) |
|---------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Clase 1 | 100 mW | 20 dBm | ~100 metros |
| Clase 2 | 2.5 mW | 4 dBm | ~5-10 metros |
| Clase 3 | 1 mW | 0 dBm | ~1 metro |
| Clase 4 | 0.5 mW | 0 dBm | ~0.5 metro |

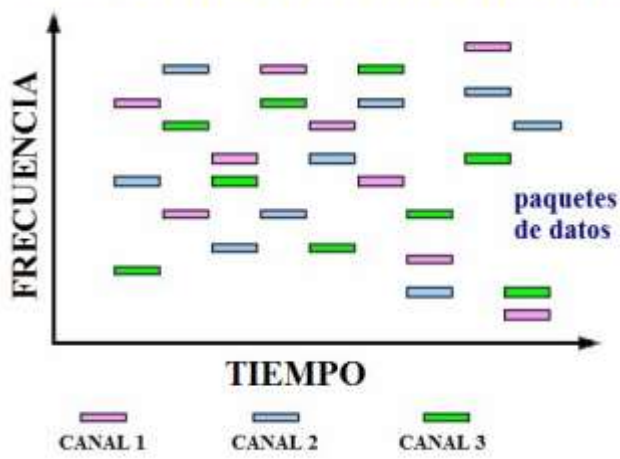
- **Distintas velocidades de transmisión según la versión.**

| Versión | Velocidad de transmisión en Mbps |
|-------------------|--|
| Versión 1.2 | 1 Mbit/s |
| Versión 2.0 + EDR | 3 Mbit/s |
| Versión 3.0 + HS | 24 Mbit/s |
| Versión 4.0 | 32 Mbit/s |
| Versión 5 | 50 Mbit/s ³ |

- **Norma IEEE 802.15**

- Puede usar 23 o 79 canales para los saltos de frecuencia (FH) según el país.

RED BLUETOOTH PROTOCOLO FHSS



| Area | Banda de frecuencias (GHz) | Canales Bluetooth |
|---------|----------------------------|-------------------|
| USA | 2.400-2.483,5 | 79 |
| Europa | 2.400-2.483,5 | 79 |
| España | 2.445-2.475 | 23 |
| Francia | 2.446,5-2.483,5 | 23 |
| Japón | 2.471-2.497 | 23 |

- Cantidad de dispositivos limitados (8)
- Automatización de la conexión. Código PIN inicialmente para identificación.
- Ataque por BLUEJACKING (mensaje introduce virus). Si no se usa desactivar la función.

NORMAS DE Wireless LAN

IEEE 802.11 (Wi Fi)

<https://www.wi-fi.org>

| Norma IEEE | Características | Frec Op y Vtx máx |
|-----------------------------|---|--|
| 802.11 legacy | DS-SS FH-SS IR | Vtx 1/2 Mbps Fr 2,4 GHz |
| 802.11a | OFDM | Vtx 54 Mbps Fr 5 GHz |
| 802.11b | DS-SS | Vtx 11 Mbps Fr 2,4 GHz |
| 802.11g | OFDM Compatible con b | Vtx 54 Mbps Fr 2,4 GHz |
| 802.11n Wi Fi 4 | OFDM Compatible con a y b. Tecno SU MIMO Alcance 70 m (2,4 GHz). Modulación 64 QAM | Vtx 300 / 600 Mbps Fr 2,4 y 5,8 GHz |
| 802.11ac Wi Fi 5 | Alcance 30 m. Modulación 256 QAM. Tecnología MU MIMO | Vtx 7 Gbps Fr 5,8 GHz |
| 802.11ax Wi Fi 6 | OFDM Modulación 1024 QAM. Tecno MU MIMO | Vtx 10 Gbps Fr 2,4 y 5,8 GHz |



<https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6>

11AX

THE PATH TO TRULY BRILLIANT WI-FI



11b

1999



11a/g

2003



11n

2009



11ac




2013



11ax

2019

NOVEDADES DE WI FI 6

| Generation of network connection | Sample user interface visual |
|----------------------------------|---|
| Wi-Fi 6 |  |
| Wi-Fi 5 |  |
| Wi-Fi 4 |  |



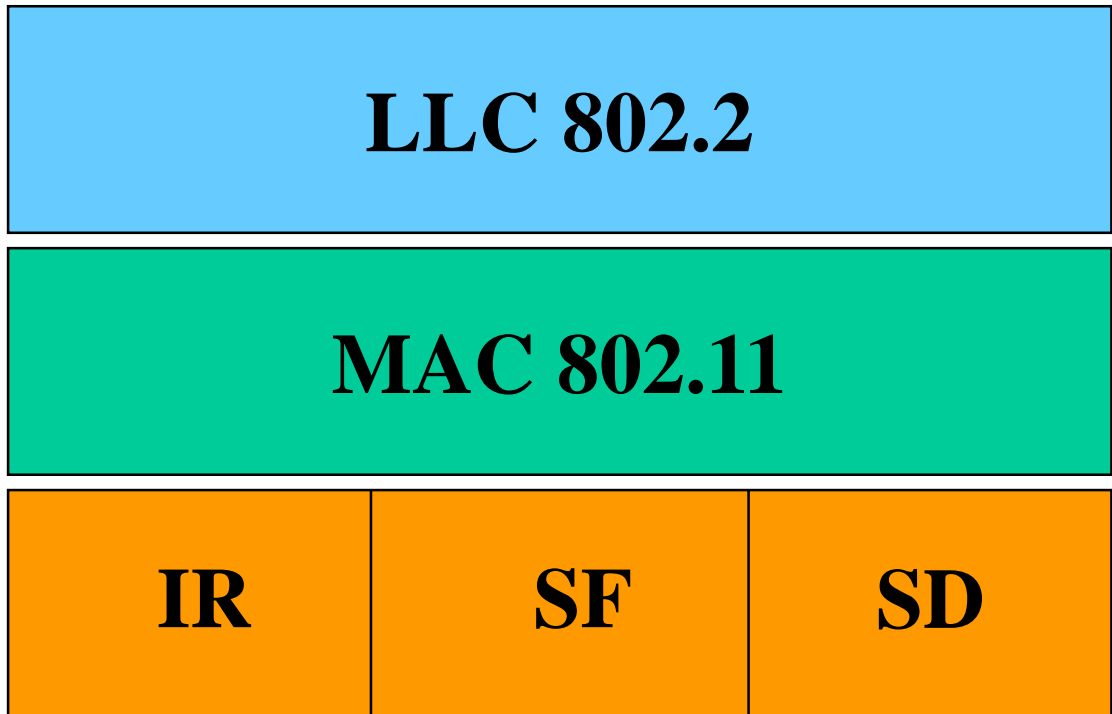
<https://www.xataka.com/especiales/que-wifi-6-que-va-a-mejorar-tu-red-wifi-casa-cuando-te-conectes-a-publica>

- Atiende los requerimientos de IoT (INTERNET de las cosas)
- Mayor capacidad y velocidad de transferencia de datos.
- Mayor eficiencia con alta densidad de usuarios.
- Uso de OFDMA para mejor el empleo con más dispositivos.
- Mayor duración de las baterías.
- Encriptación con protocolo WPA 3.
- Emplea BSS Color que evita interferencias de señales vecinas.

<https://www.xataka.com/basics/wifi-6e-6ghz-que-que-ventajas-supone>



Modelo de Capas IEEE 802.11



IR (IR en inglés): Infrarrojo

EE-SF (FH-SS en inglés): Salto de Frecuencia

EE-SD (DS-SS en inglés): Secuencia Directa

FUNCIONAMIENTO DE CANALES INALÁMBRICOS

Mínima interferencia co-canal y otras interferencias (dispositivos bluetooth, microondas, parlantes, etc).

Ajuste a los canales óptimos de las bandas de frecuencias Wi Fi

Función autocanal.

Función de escaneo y cambio de canal.

Se comparten las frecuencias de las bandas 2,4 y 5,8 GHz. No requieren licencia.

La de 2,4 GHz es más usada. Tiene 14 canales para Wi Fi.

La de 5,8 GHz se congestiona menos.

2.4GHz Channel Allocation

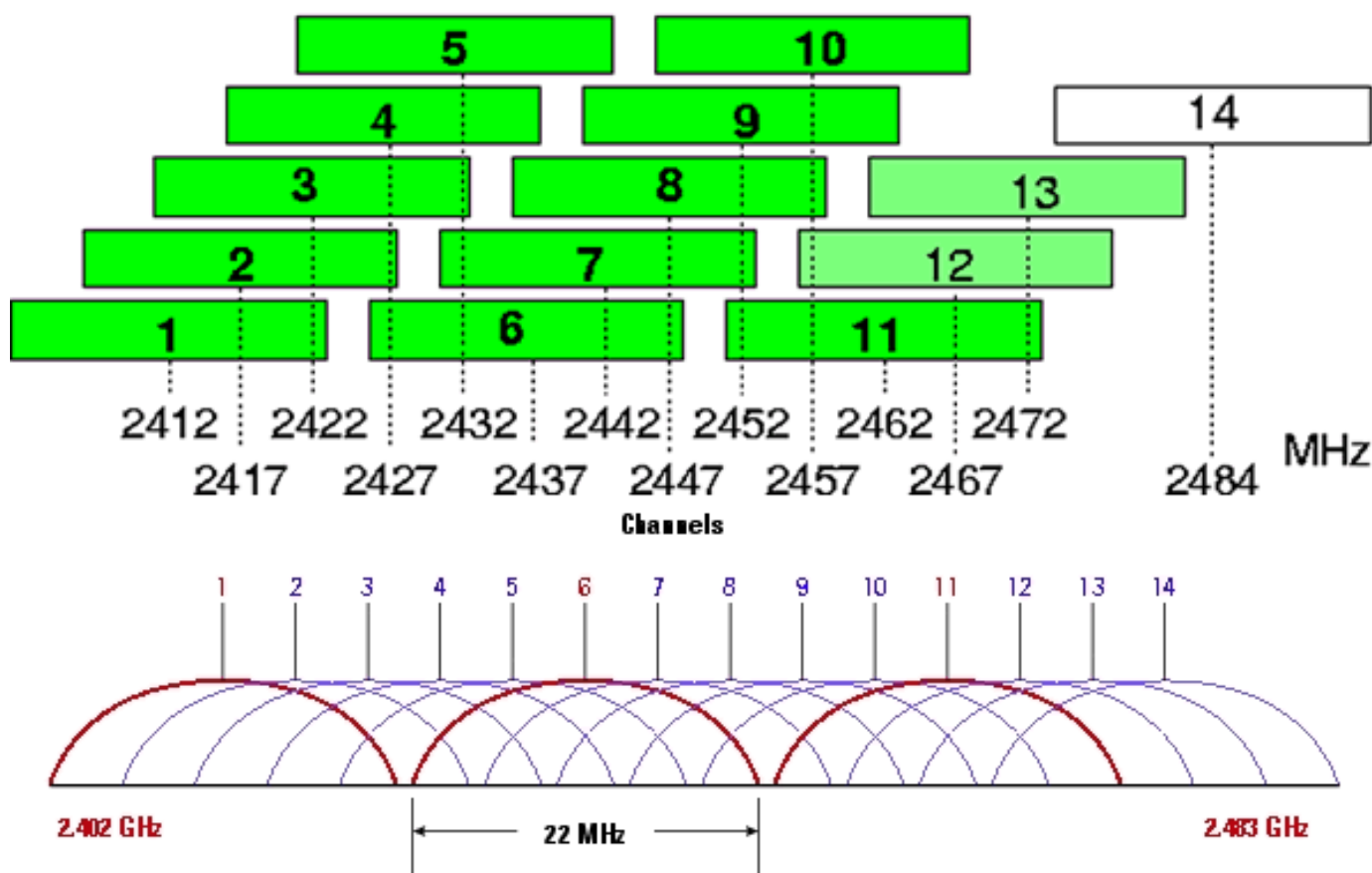
| Channel | Frequency f_c (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 1 | 2412 | X |
| 2 | 2417 | X |
| 3 | 2422 | X |
| 4 | 2427 | X |
| 5 | 2432 | X |
| 6 | 2437 | X |
| 7 | 2442 | X |
| 8 | 2447 | X |
| 9 | 2452 | X |
| 10 | 2457 | X |
| 11 | 2462 | X |
| 12 | 2467 | X |
| 13 | 2472 | X |
| 14 | 2484 | |

5GHz Channel Allocation

| Channel | Frequency f_c (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 184 | 4920 | |
| 188 | 4940 | |
| 192 | 4960 | |
| 196 | 4980 | |
| 208 | 5040 | |
| 212 | 5060 | |
| 216 | 5080 | |
| 36 | 5180 | X |
| 40 | 5200 | X |
| 44 | 5220 | X |

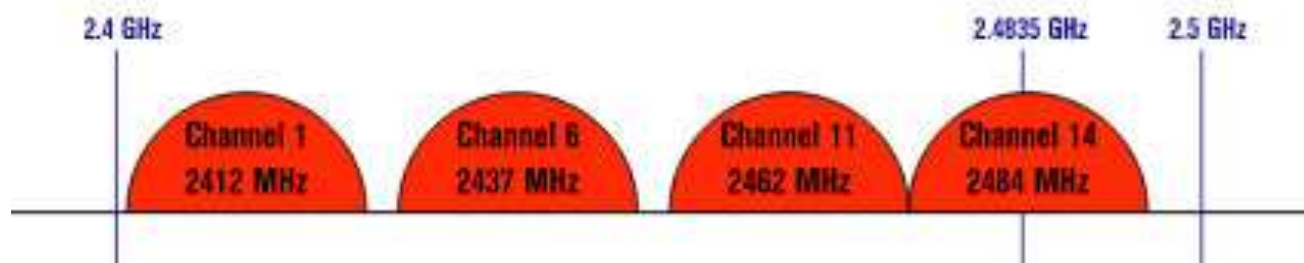
| Channel | Frequency f_c (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 48 | 5240 | X |
| 52 | 5260 | X |
| 56 | 5280 | X |
| 60 | 5300 | X |
| 64 | 5320 | X |
| 100 | 5500 | X |
| 104 | 5520 | X |
| 108 | 5540 | X |
| 112 | 5560 | X |
| 116 | 5580 | X |

| Channel | Frequency f_c (MHz) | EU |
|---------|--------------------------|----|
| 120 | 5600 | X |
| 124 | 5620 | X |
| 128 | 5640 | X |
| 132 | 5660 | X |
| 136 | 5680 | X |
| 140 | 5700 | X |
| 149 | 5745 | |
| 153 | 5765 | |
| 157 | 5785 | |
| 161 | 5805 | |

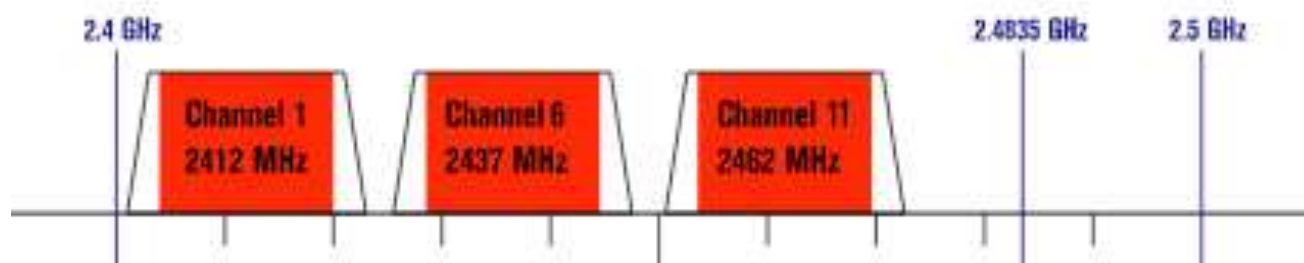


Non-Overlapping Channels for 2.4 GHz WLAN

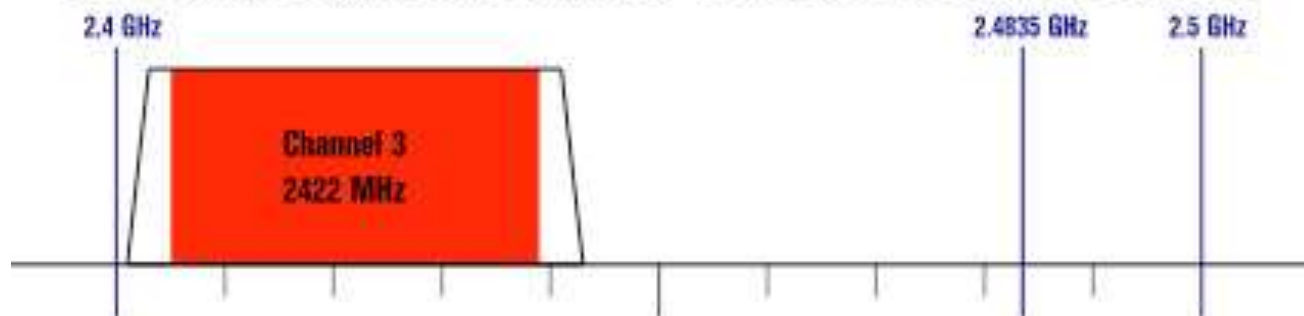
802.11b (DSSS) channel width 22 MHz



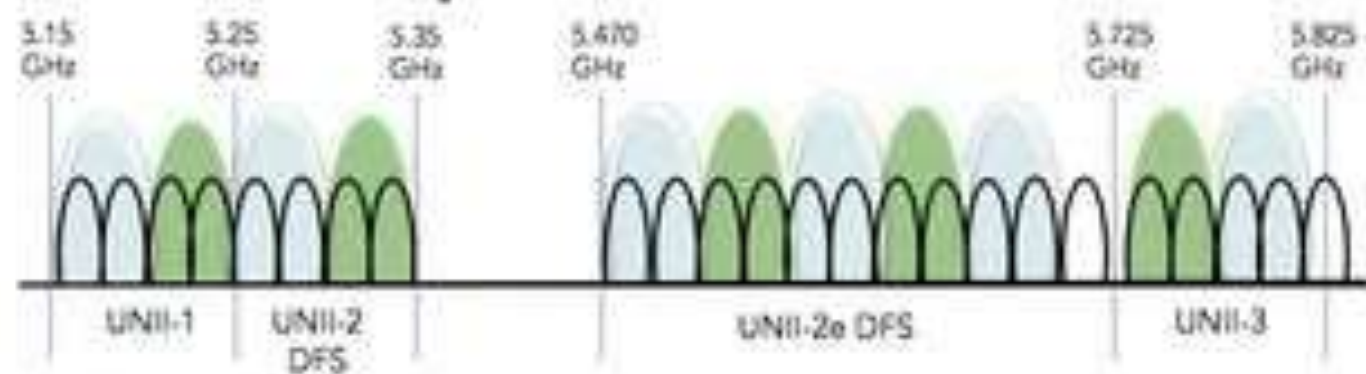
802.11g/n (OFDM) 20 MHz ch. width - 16.25 MHz used by sub-carriers



802.11n (OFDM) 40 MHz ch. width - 33.75 MHz used by sub-carriers



The Wi-Fi Spectrum: 5GHz



| | | |
|-----|-------|--|
| 36 | 40MHz | • 21 non-overlapping 20 MHz channels |
| 40 | | |
| 44 | 40MHz | • 9 non-overlapping 40 MHz channels |
| 48 | | |
| 149 | 40MHz | • Only 4 non-DFS channels for bonding |
| 153 | | |
| 157 | 40MHz | • Creates channel planning problems similar to 2.4 GHz |
| 161 | | |
| | | • 5 GHz isn't a panacea, RF management is still king |

WLAN (capa física)

- **Ondas radioeléctricas. Área de cobertura. Velocidades de transmisión. Atenuaciones. Obstáculos.**
- **Instalación adecuada de los AP. Recomendaciones.**

ANÁLISIS DE COBERTURA DE LA RED INALÁMBRICA WI FI

1. USANDO APLICACIÓN INFORMÁTICA

Aplicación NETSPOT.

<https://www.netspotapp.com/es/features.html>

Software para análisis de las áreas de cobertura de redes inalámbricas que permiten un rendimiento óptimo y seguridad.

2. MEDICIONES DE VELOCIDADES CON DISPOSITIVOS MÓVILES

Con aplicación para distintos sistemas operativos que hace mediciones y puede evaluarse con cierta aproximación.

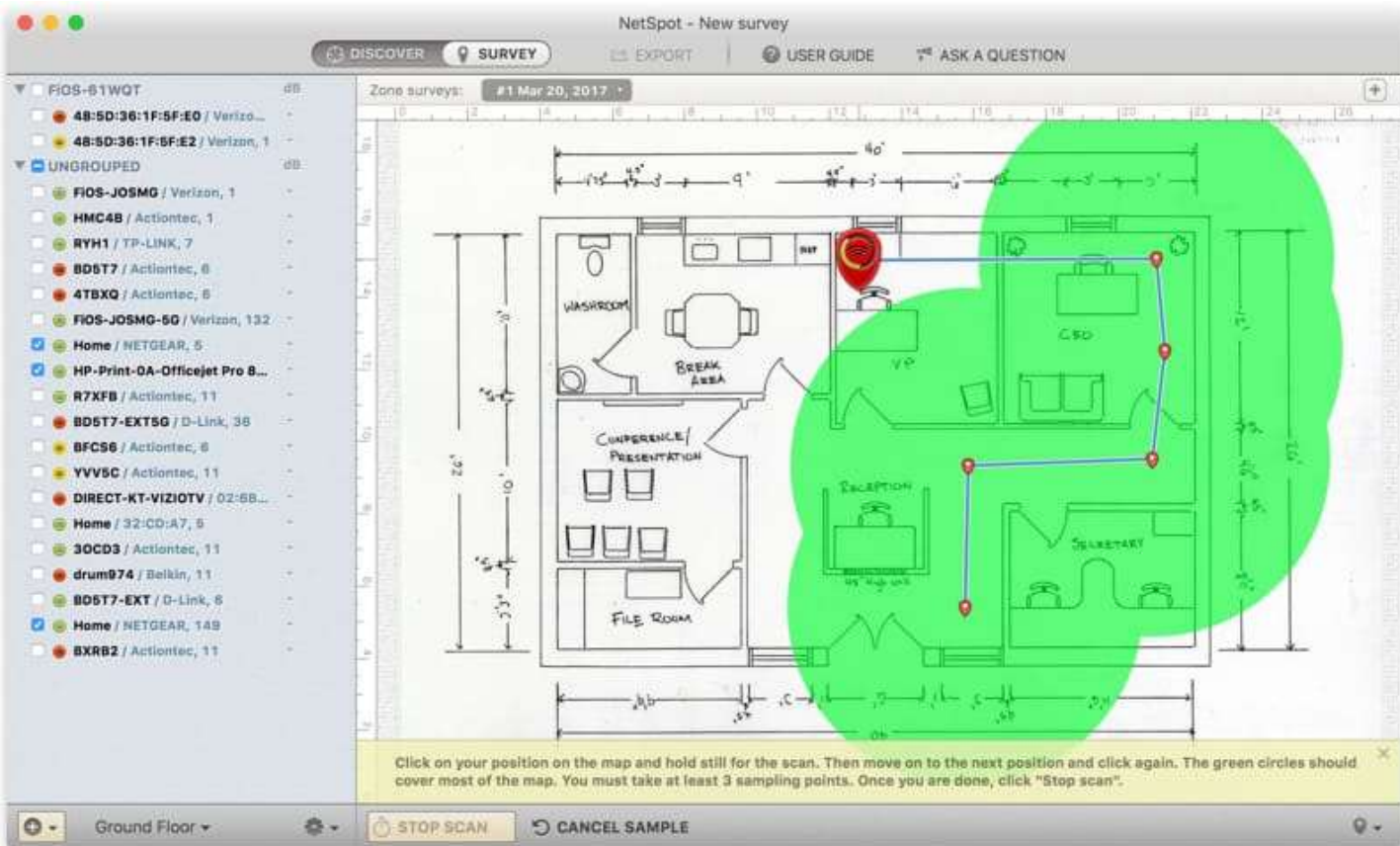
<http://www.speed-test.es/>
<https://www.speedtest.net/es>

<https://wifi-analyzer.uptodown.com/android>

CAPA FÍSICA

1º paso con NETSPOT.

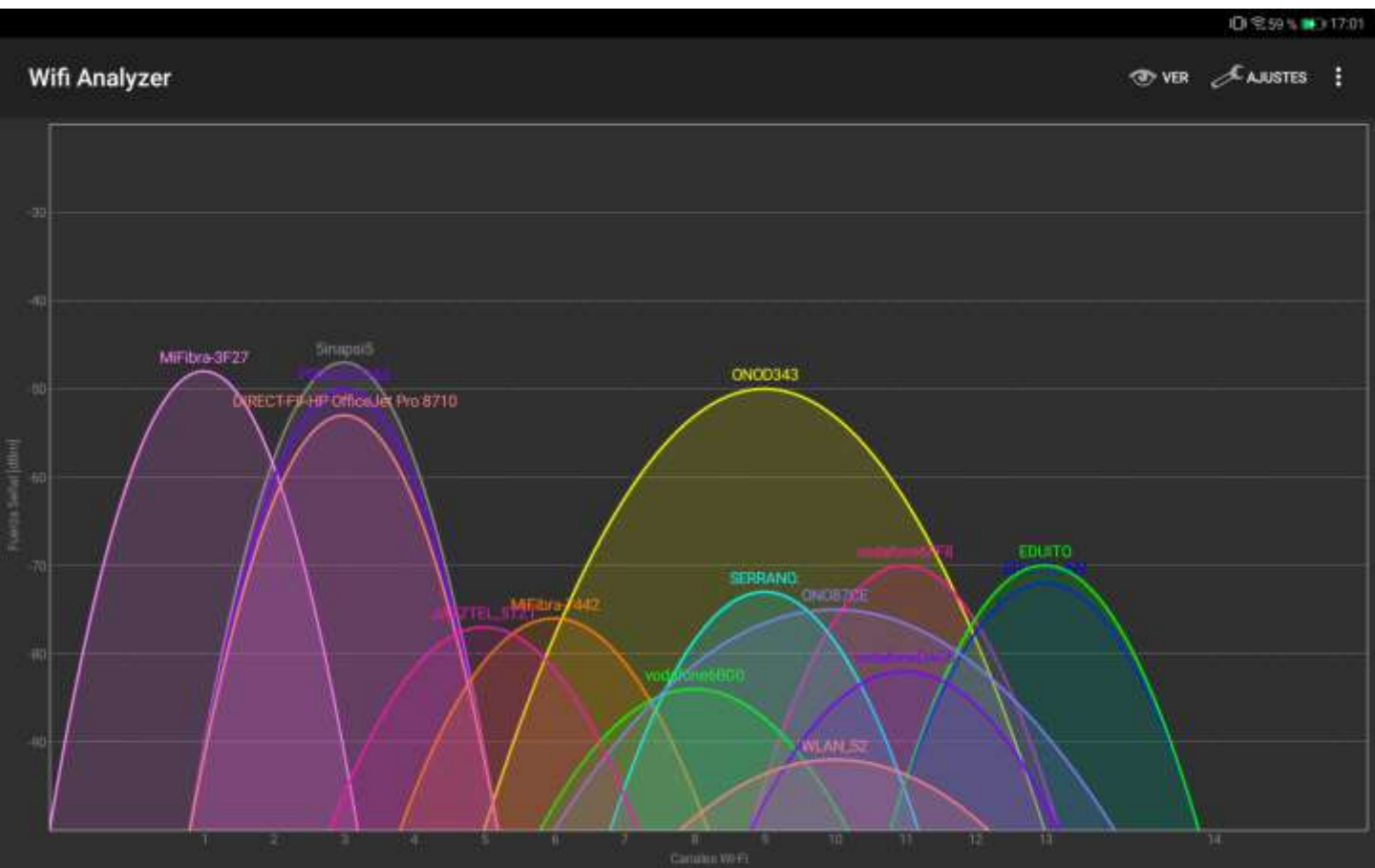
<https://www.netspotapp.com/es/features.html>



<https://www.netspotapp.com/es/features.html>



Empleo de Wi Fi ANALYZER



SERVICIOS IEEE 802.11

Se distinguen:

- **Conjunto servicios (básicos y extendidos)**
- **Sistema de distribución**

Algunos Servicios

- **Asociación / reasociación**
- **Autenticación y fin de la A.**
- **Privacidad**
- **Integración**
- **Distribución de mensajes**

SUBCAPA MAC 802.11

- **ENTREGA FIABLE DE DATOS**

Prevee un protocolo de intercambio de tramas.

- Mecanismo de 2 tramas: empleo de ACK y time out. Repetición de trama si es necesario.
- Mecanismo de 4 tramas: con esquema previo RTS/CTS que evita colisiones y luego las 2 tramas.

- **CONTROL DE ACCESO**

Dos posibilidades: protocolo de acceso distribuido o de acceso centralizado.

- **Función de Coordinación Distribuida (DCF)**
Algoritmo de prevención de contienda para acceso a la totalidad del tráfico. Protocolo **CSMA/CA** (prevención de colisiones)
- **Función de Coordinación Puntual (control centralizado opcional) (PCF)**
Algoritmo centralizado para acceso libre de contienda. Asegura acceso a usuarios.

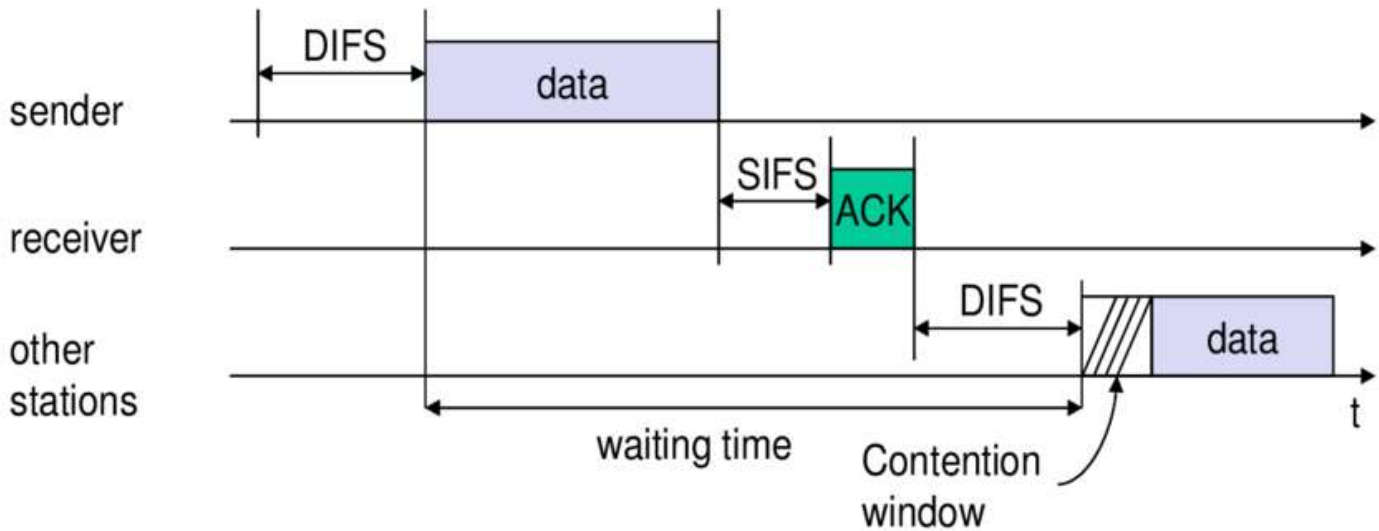
- **SEGURIDAD**

- Autenticación
- Privacidad

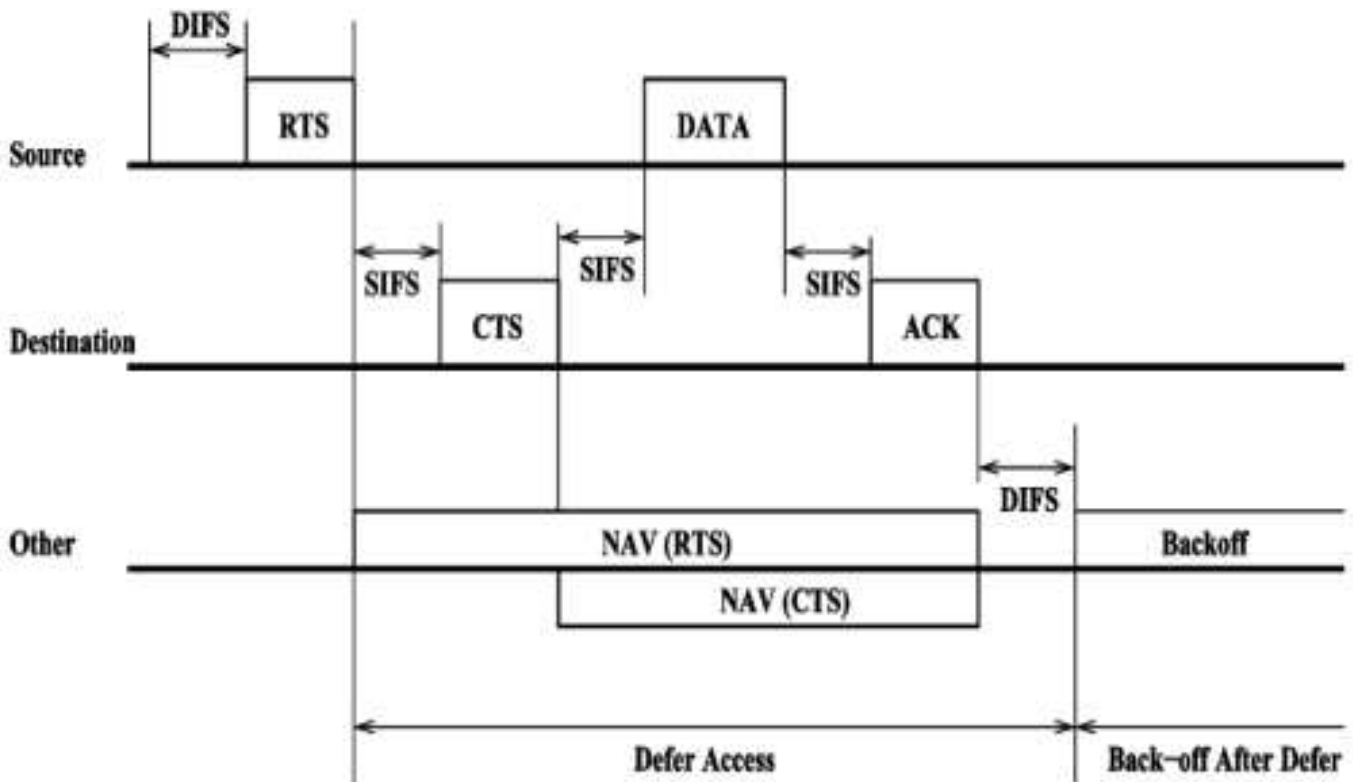
IEEE 802.11i

Aplica WPA2 (acceso protegido por encriptación)

MECANISMO DE 2 TRAMAS (DCF)

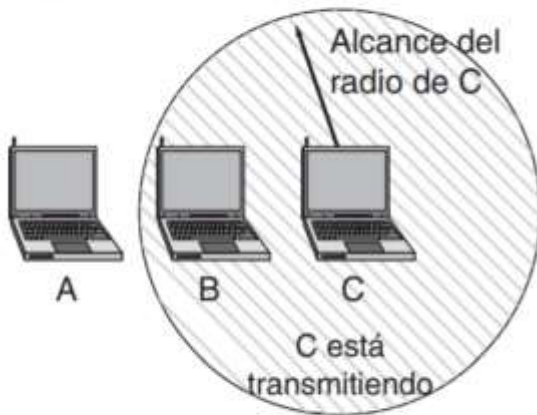


MECANISMO DE 4 TRAMAS (DCF)



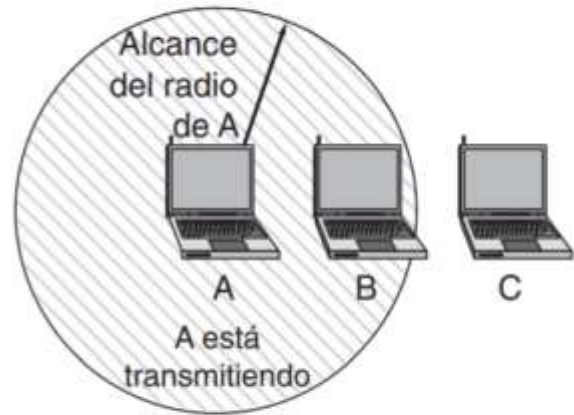
PROBLEMAS EN LA COMUNICACIÓN POR RADIO

A desea enviar a B
pero no puede escuchar
que B está ocupada



(a)

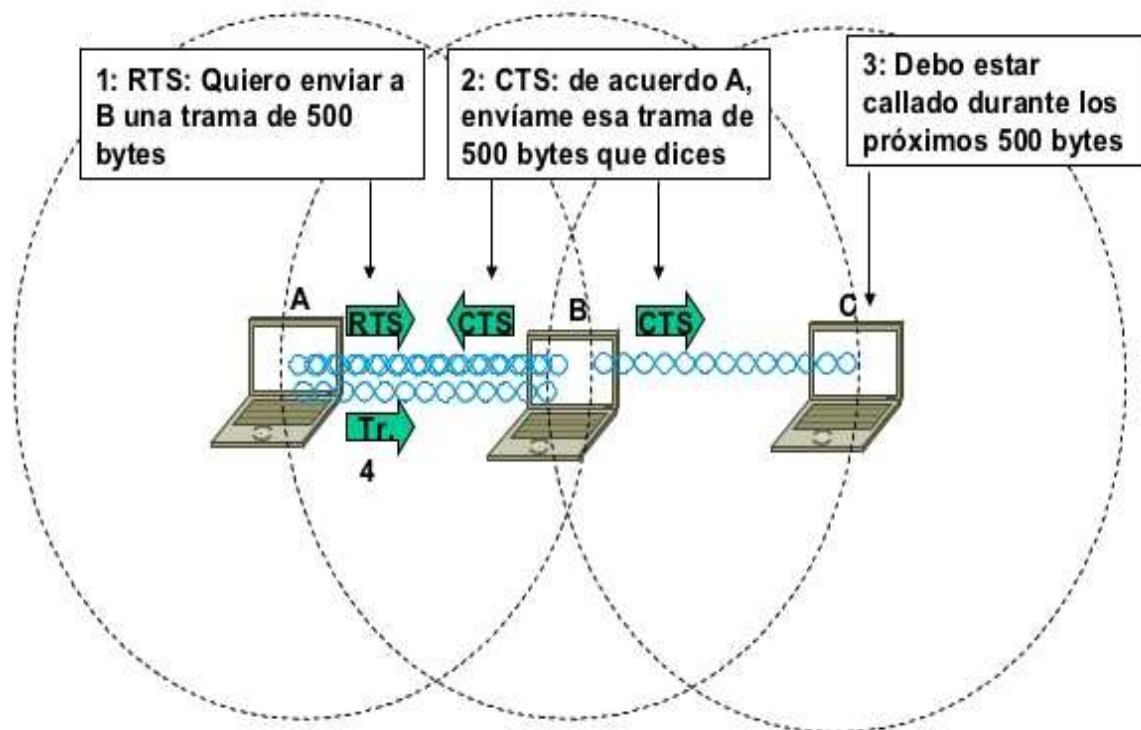
B desea enviar a C
pero piensa erróneamente
que la transmisión fallará



(b)

Figura 4-26. (a) El problema de la terminal oculta. (b) El problema de la terminal expuesta.

Solución al problema de la estación oculta



1: Antes de transmitir la trama A envía un mensaje RTS (Request To Send)

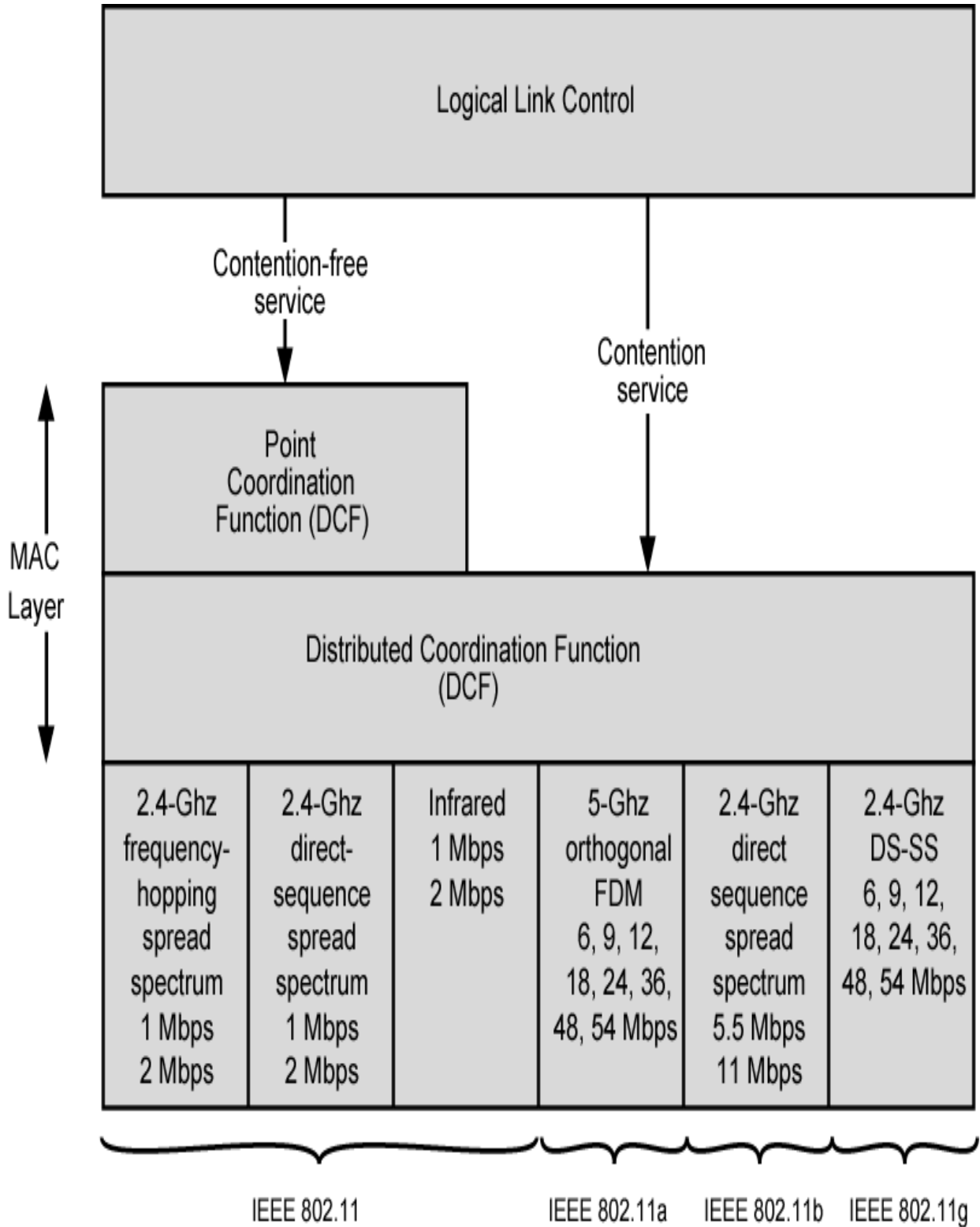
2: B responde al RTS con un CTS (Clear To Send)

3: C no capta el RTS, pero sí el CTS. Sabe que no debe transmitir durante el tiempo equivalente a 500 bytes

4: A envía su trama seguro de no colisionar con otras estaciones

Ampliación

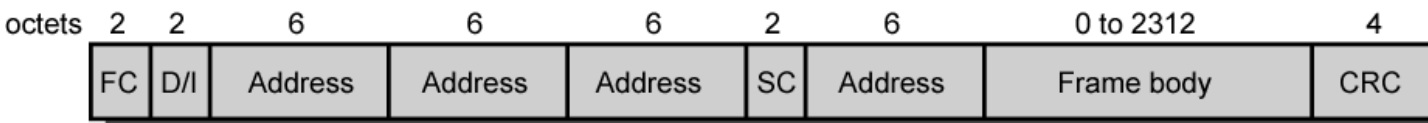
Arquitectura IEEE 802.11



SEGURIDAD EN WI FI

- WPS (WiFi Protected Setup) son mecanismos para facilitar la conexión de dispositivos a una red inalámbrica. El más usado es el intercambio de PIN.
- WEP (Wired Equivalent Privacy) ofrece seguridad similar a la red cableada mediante una encriptación.
- WPA (Wi-Fi Protected Access) agrega seguridad mediante el uso de claves dinámicas proporcionadas a cada usuario.
- WPA2 usa algoritmo de encriptación AES (Advanced Encryption Standard).
- WPA2 PSK (Pre-Shared Key) es para uso doméstico o de oficinas pequeñas donde se comparte la clave.
- Otros recursos de seguridad:
 - nombre de la red (SSID)
 - filtrado de direcciones MAC

Formato de trama MAC 802.11



FC = Frame control

D/I = Duration/Connection ID

SC = Sequence control

FC (control de trama): indica el tipo de trama (control, gestión o datos)

D/I (duración/conexión): indica tiempo de reserva del canal para una tx satisfactoria o identificación de una conexión.

ADDRESS (direcciones): depende del contexto. Fuente, destino, estación tx y estación rx.

SC (control de secuencia): fragmentación, reensamblado y nº de tramas enviadas.

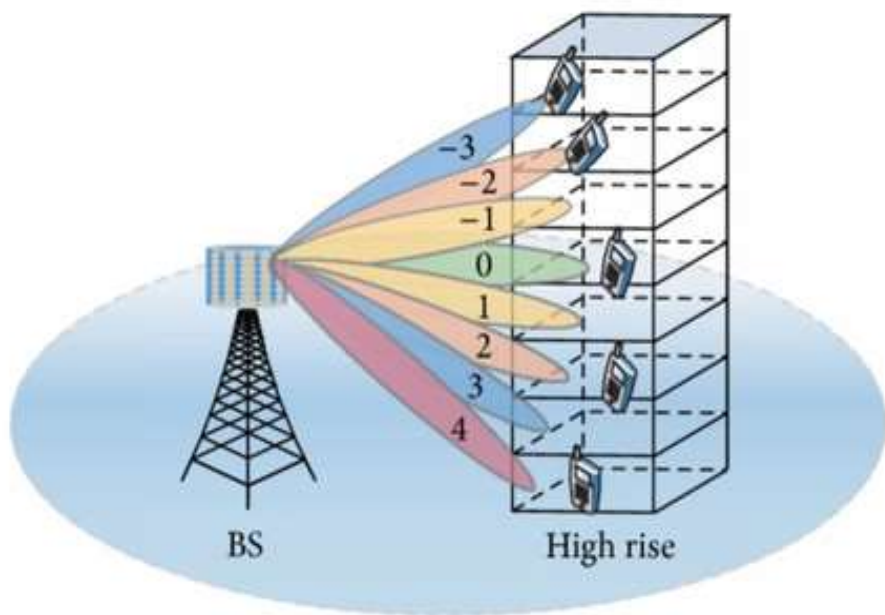
Tipos de Tramas

- Control (sondeo de ahorro de energía, RTS, CTS, ACK, fin período libre contienda CF, CF-ACK)
- Datos (Datos, +ACK-CF,+CF-POLL, etc)
- Gestión (entre estaciones y puntos de acceso, gestión de asociaciones)

TECNOLOGÍAS INCORPORADAS EN WI FI 5

BEAMFORMING

Es una tecnología que permite a un AP enfocar la señal hacia los destinos de interés.



MU MIMO

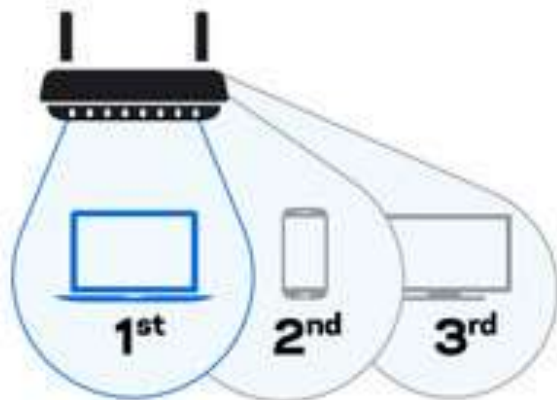
2007 | N

2013 | AC

TODAY | NEXT-GEN AC

Traditional Routers

Single-User MIMO Technology
Wi-Fi to one device at a time.



VS

MU-MIMO Routers

Next-Gen Multi-User MIMO Technology
Wi-Fi to multiple devices at one, at the same speed.



EQUIPOS WLAN



Puede agrupar las capacidades de:

- Gateway
- Router
- Cable módem o módem X-DSL
- Access Point
- Switch
- Firewall
- Doble banda



ALGUNAS SOLUCIONES - PROBLEMAS

D LINK – WIRELESS N NANO 300 – USB ADAPTER

<http://us.dlink.com/products/connect/wireless-n-nano-usb-adapter/>



TP LINK - TL WN8200ND – HIGH POWER WIRELESS – 300 MBPS – USB ADAPTER



http://www.tp-link.com/en/products/details/cat-11_TL-WN8200ND.html#specifications

CONFIGUREMOS AP WI FI



TP LINK 300 M TL WA 801N

IP 192.168.0.254

Usuario: admin

Contraseña: admin

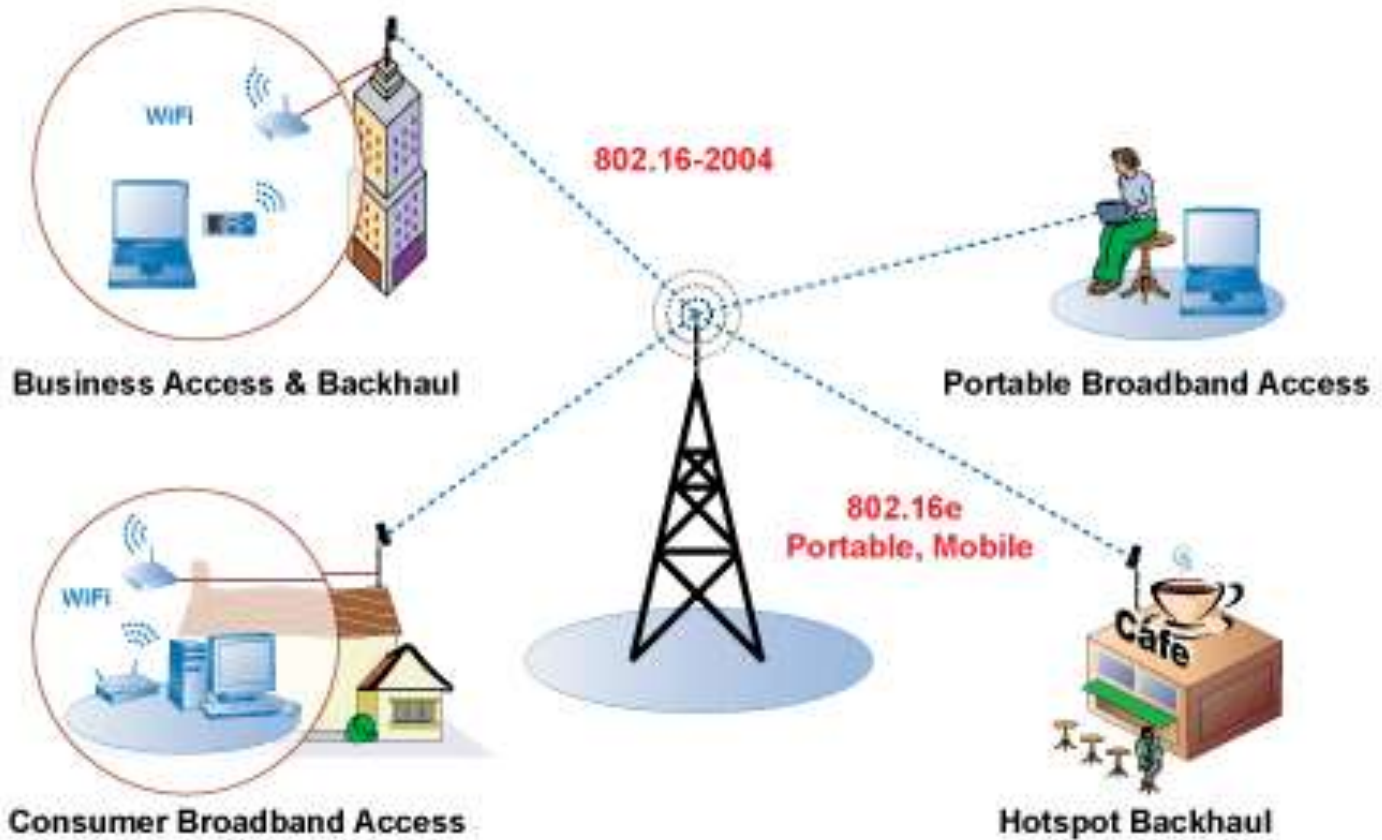


AP VDSL ARNET

IP 192.168.1.1

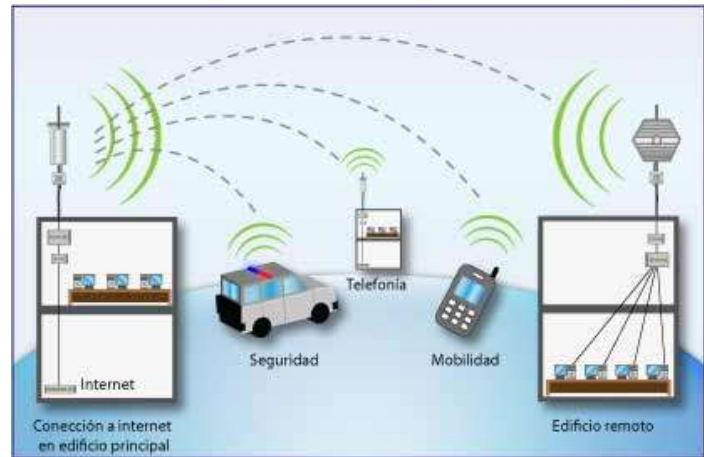
Ver etiqueta del módem

Wi Max



Backhaul es la porción de la red que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo y el borde.

Wi Max



<https://youtu.be/UevGUFrgSaM>

Transmisión de datos sin contienda a diferencia de Wi Fi.

Problema de interoperabilidad. Intervención del Wi Max FORUM.

Eficiencia espectral de 3,7 bps / 1 Hz

PROTOCOLOS DE Wireless MAN

| Protocolo IEEE | Características | Frec Op y Vtx |
|----------------------|--|----------------------------------|
| 802.16 Wi Max | Con visión directa Fijo Radio celda 2 a 5 km | Fr 10/66GHz Vtx 32 – 134 Mbps |
| 802.16 a | Sin visión directa Fijo Radio celda 5 a 10 km | Fr <11 GHz Vtx 75 Mbps |
| 802.16 e | Terminales en movimiento Sin visión directa Móvil Radio celda 2 a 5 km | Fr < 6 GHz Vtx 15 Mbps |
| 802.16 m Wi Max 2 | Podría llegar a 50 km Móvil | Vtx 300 Mbps |

Es una tecnología para comunicaciones punto a multipunto en banda ancha. Combinación tecno.