

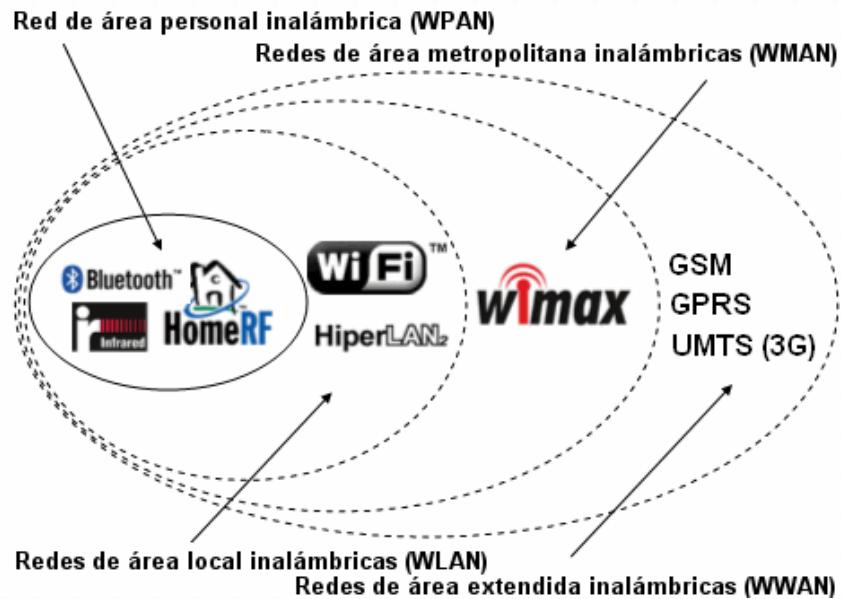
Tema 3

# Redes Inalámbricas de Largo Alcance

# Índice

O Redes de Telefonía Móvil

O Redes de Área Metropolitana y Extensa Inalámbricas



# Redes de área metropolitana: WiMAX

# Introducción

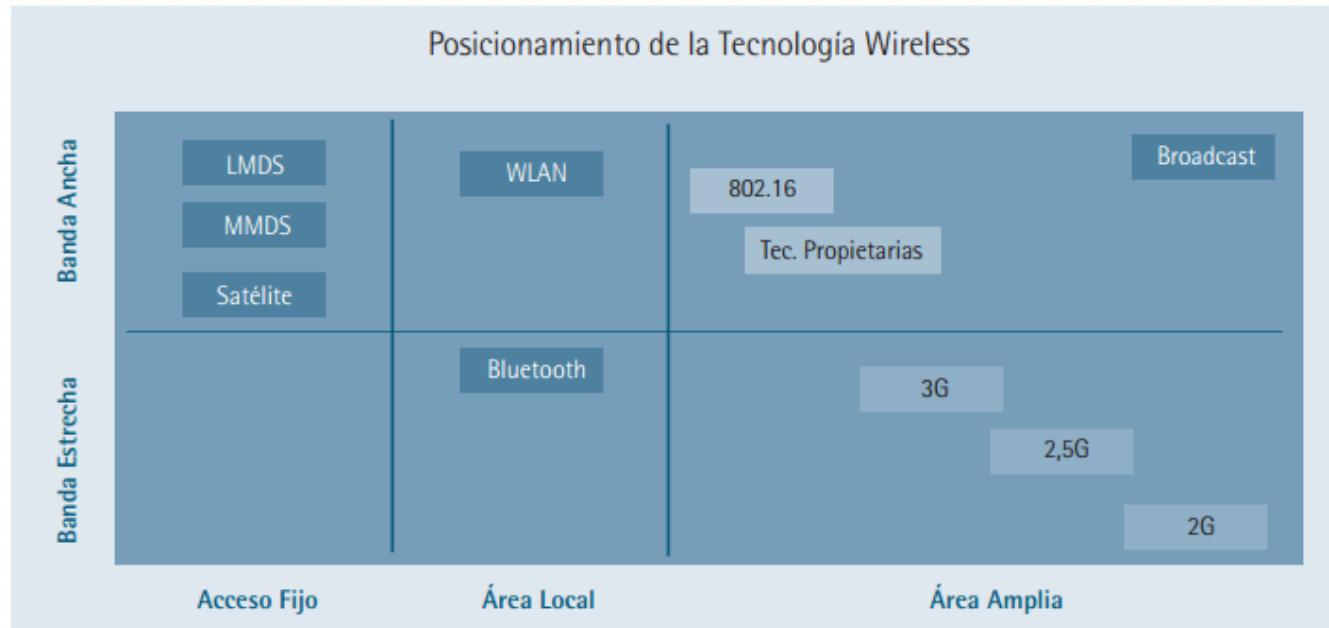


- ▶ Worldwide Interoperability for Microwave Access
- ▶ Tecnología optimizada para el provisión de servicios IP en redes **MAN** (Metropolitan Area Networks)
- ▶ Estandarizada por la especificación IEEE 802.16 en 2001
- ▶ En contraposición a WiFi no fue diseñada como una tecnología para dar acceso inalámbrico en los último metros de la red de acceso de usuario
  - ▶ Más alcance, más ancho de banda y mayores potencias de transmisión que WiFi
  - ▶ No es una tecnología competitora de WiFi, es complementaria
- ▶ WIMAX fue diseñada para ser usada en la denominada “última milla” (tramos que va desde el abonado a la centra de conmutación/estación base/...)
  - ▶ El mayor campo de aplicación se centra en despliegues rurales donde el despliegue de soluciones cableadas es muy costoso
  - ▶ Es más un competidor de redes de acceso fijo tipo DSL
  - ▶ El estándar original soportaba velocidades de hasta 75 Mbps en las frecuencias de 2-11 GHz

# Bandas de espectro utilizadas

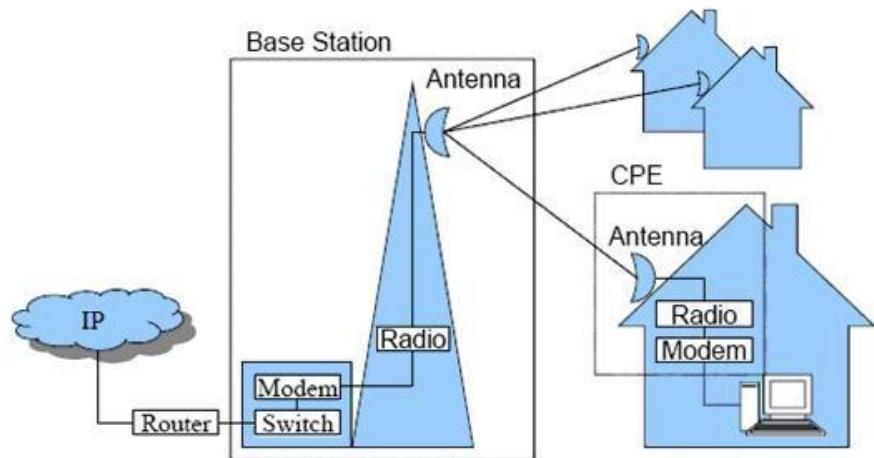
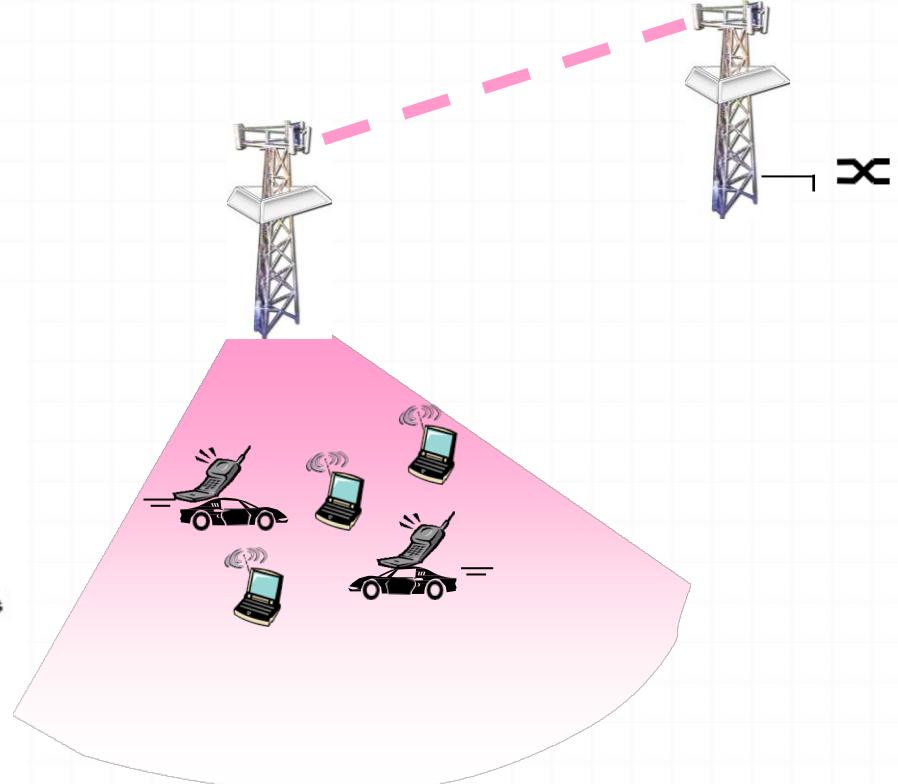
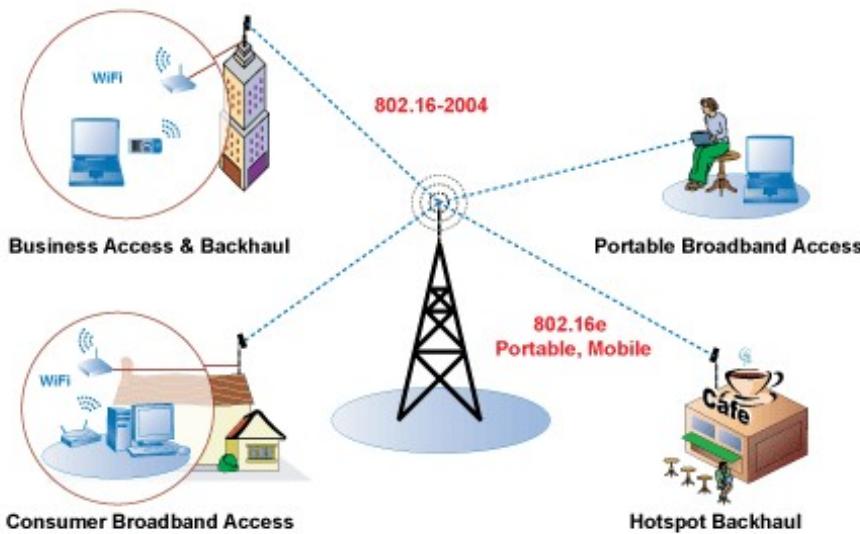
- ▶ WiMAX puede ser utilizado tanto en **bandas licenciadas** como **no licenciadas**. El ancho de banda mínimo del canal es de 1,75 MHz, siendo 10 MHz el ancho de banda por canal óptimo.
  - ▶ AMPS (1G): 30kHz
  - ▶ GSM (2G): 200kHz
  - ▶ CDMA2000 (3G): 1.25MHz
  - ▶ LTE (4G): 10MHz
- ▶ A pesar de que las bandas no licenciadas de 2,4 GHz y 5 GHz están disponibles, su uso dentro del área urbana podría estar limitado a pruebas debido a los riesgos de interferencias que podrían perjudicar la calidad de servicio, cuando varios operadores concurren simultáneamente en la misma banda y localización.
- ▶ Por ello, las bandas licenciadas de 2,5 y 3,5 GHz serán las más comunes para las aplicaciones WiMAX. La mayoría de los países han asignado espectro licenciado, generalmente a operadores alternativos.

# Posicionamiento frente a otras tecnologías en el momento de su aparición



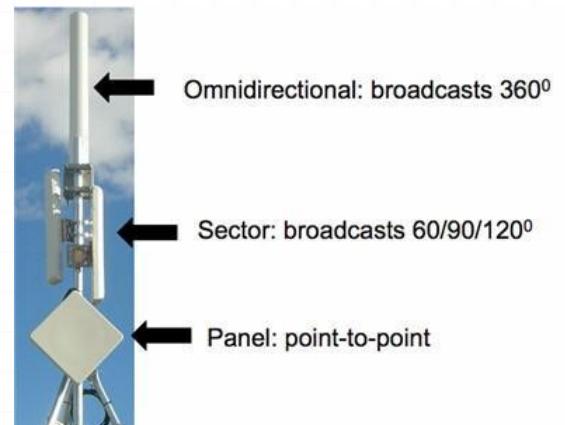
- ▶ 802.16 y las actuales tecnologías propietarias cercanas al 802.16 se posicionan con mayor ancho de banda que las tecnologías de redes móviles, aunque con menor alcance.

# WiMAX



# Topología WiMAX

- Está basada en la noción de estación base que sirve, de forma centralizada, a un (potencialmente) gran número de clientes:
  - Combina conceptos de 802.11 con infraestructura y redes de telefonía móvil
- Una estación base sirve a las estaciones asociadas a esa estación base
  - Coordina la transmisión TDM de paquetes del nivel de enlace
    - Estación base → Estaciones suscriptoras (dirección downstream)
    - Estaciones suscriptoras → Estación base (dirección upstream)
  - Facilita la interoperabilidad de tres tipos de estaciones (estación suscriptora)
    - Fija
    - Nómada
    - Móvil



# Topologías de red

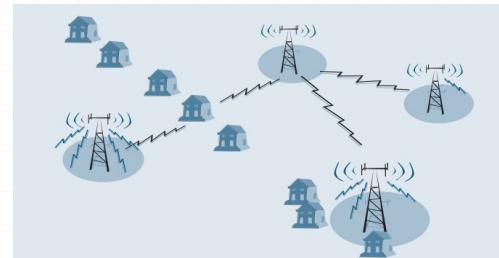
► **Punto a punto.** Unión de diferentes edificios o estaciones base mediante circuitos radioeléctricos dedicados a cada una de las conexiones. Equivalen a los puentes inalámbricos de 802.11.

- LOS (Line of Sight)
- Antenas direccionales
- Frecuencias más altas, menos obstáculos
- 50 km
- 75 Mbps



► **Punto a multipunto (PTM).** Es la más extendida. Red de estaciones base con antenas sectoriales que dan cobertura a amplias áreas con estaciones remotas. Permite al operador de red alcanzar el mayor número de usuarios al menor coste y limita el número de routers y switches necesarios para operar la red. Necesita un protocolo MAC para el sentido ascendente.

- NLOS (Non line of Sight)
- Antenas omnidireccionales
- Frecuencias más bajas, más obstáculos
- 10 km
- 40 Mbps

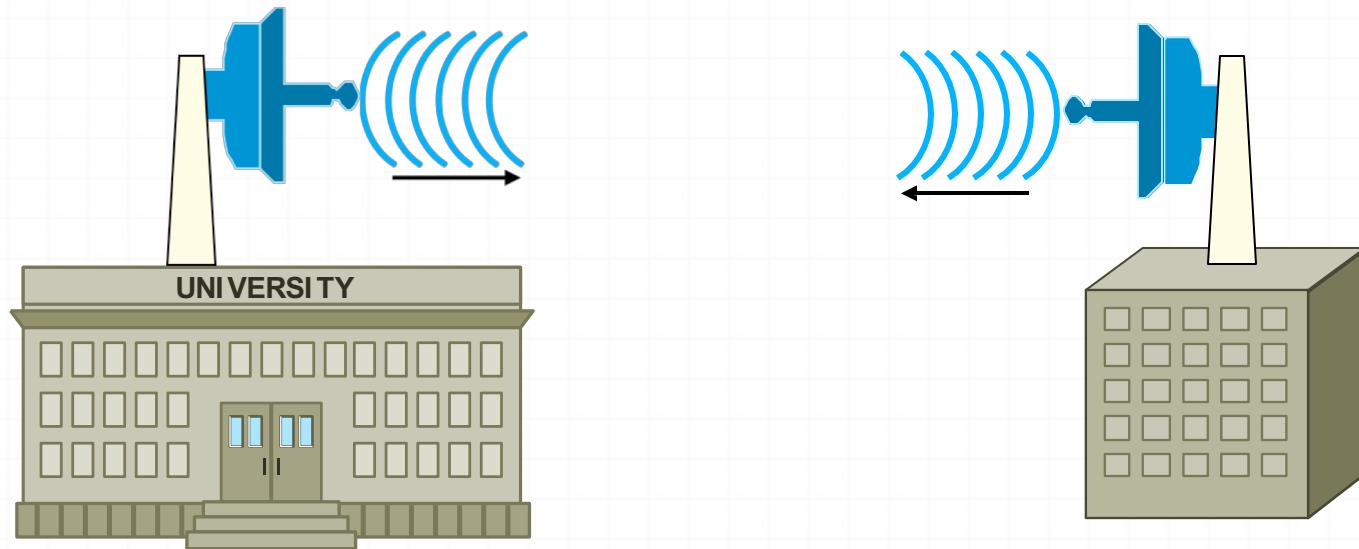


# Topologías de red

- ▶ **Red mallada (mesh networking).** En una red mesh cada terminal de usuario es capaz de establecer varios enlaces con usuarios adyacentes. De esta forma, existen una serie de alternativas antes de llegar al punto origen de la red. Algoritmos especiales de encaminamiento son capaces de direccionar las comunicaciones por el camino mas adecuado en cada momento; si un equipo de cliente deja de funcionar, la red sigue funcionando por caminos alternativos.

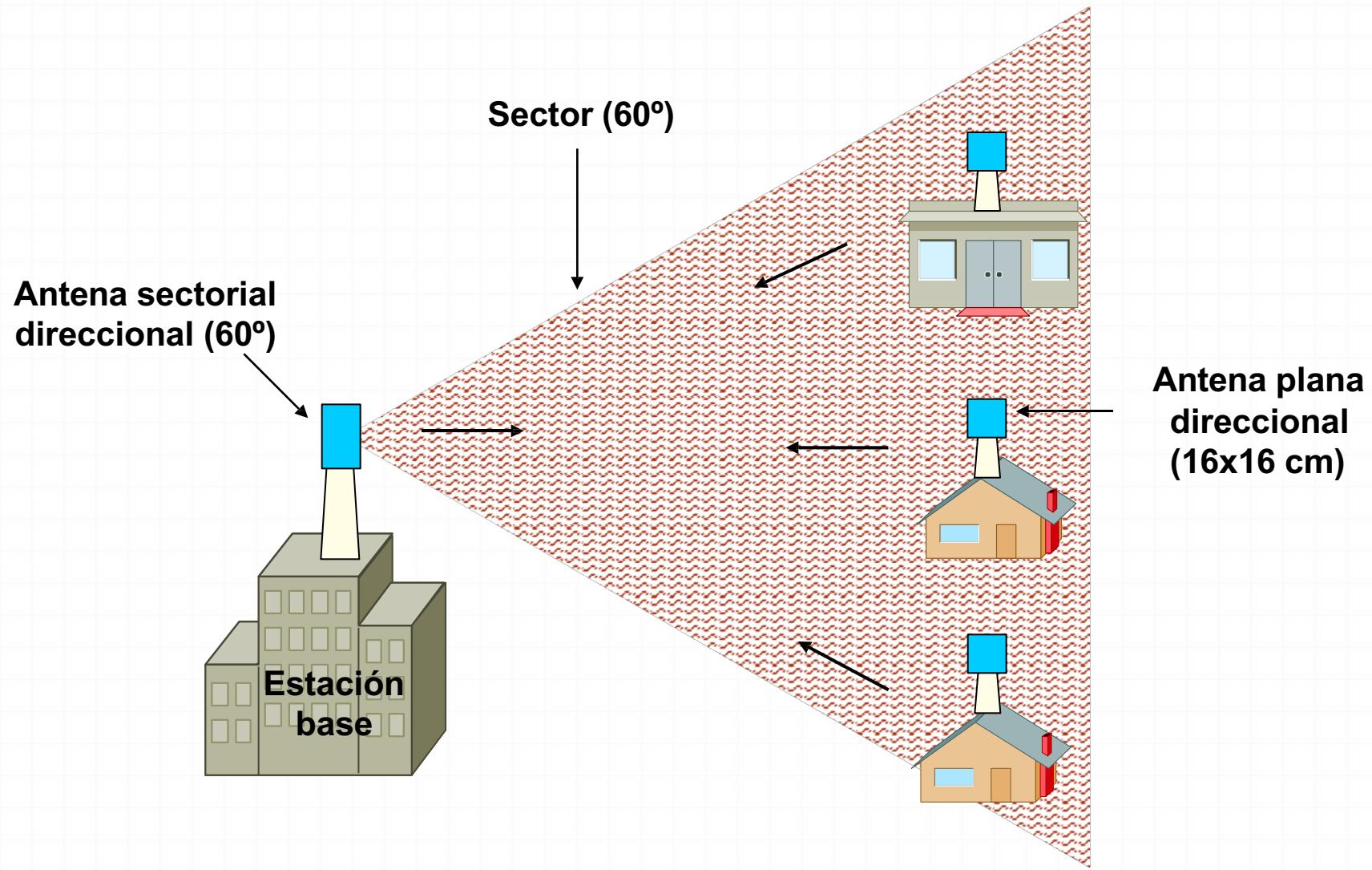


# 802.16: Configuración punto a punto

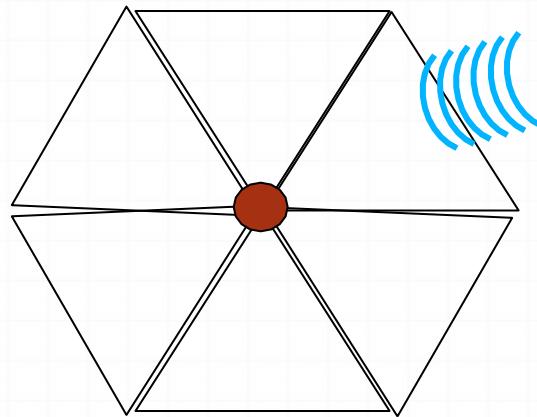


- Equivalente a enlace dedicado. Puede ser simétrico
- Antenas altamente direccionales, alta frecuencia
- Buen reaprovechamiento de canales sin interferencia

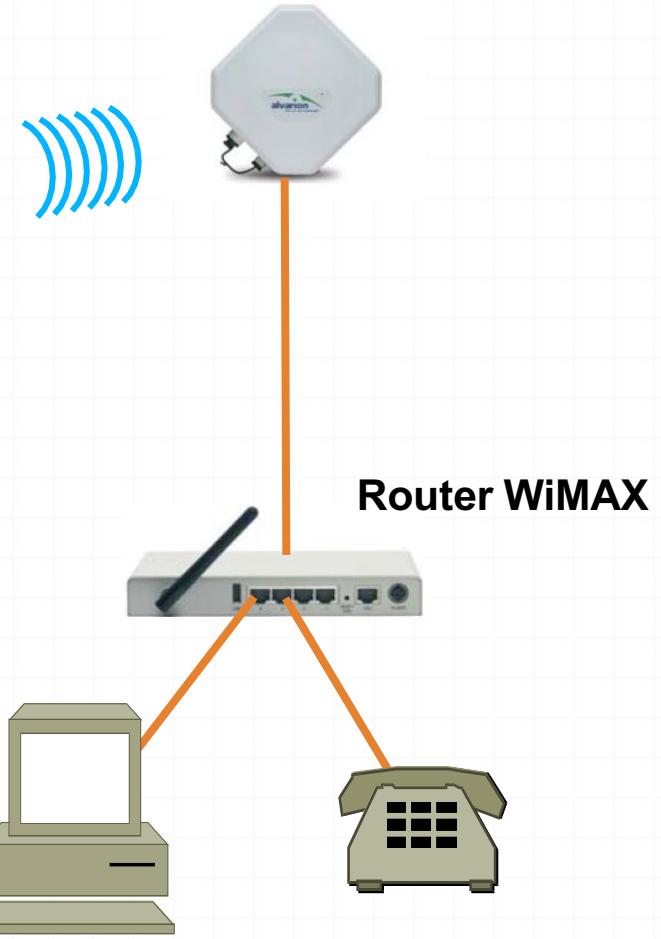
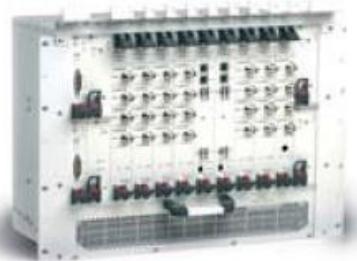
# 802.16: Configuración multipunto



# Comunicación entre estación base y usuario



● BS (Base Station)



# Sistema de acceso WiMAX en una sola caja autoinstalable para interior

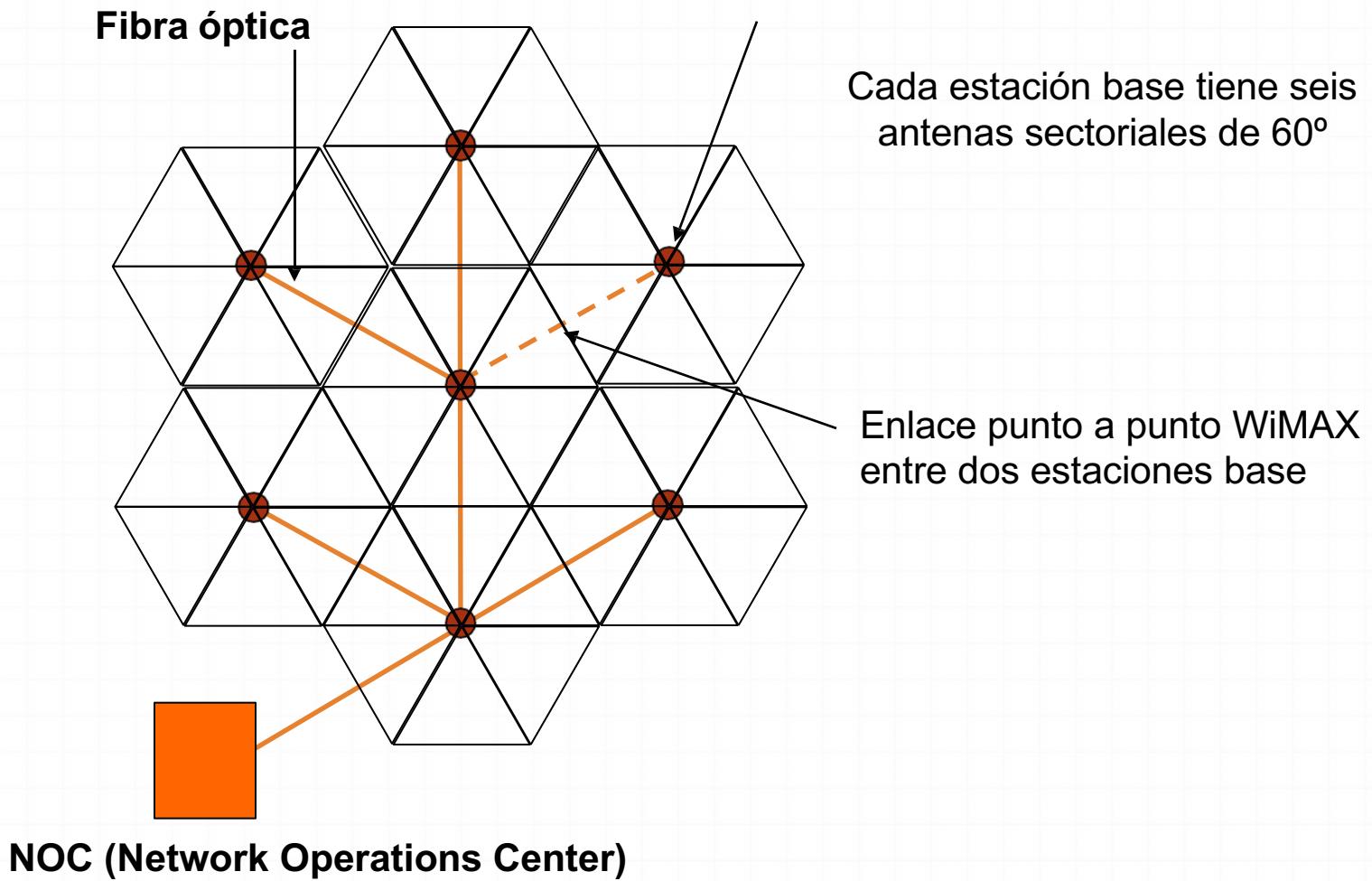


Incluye:

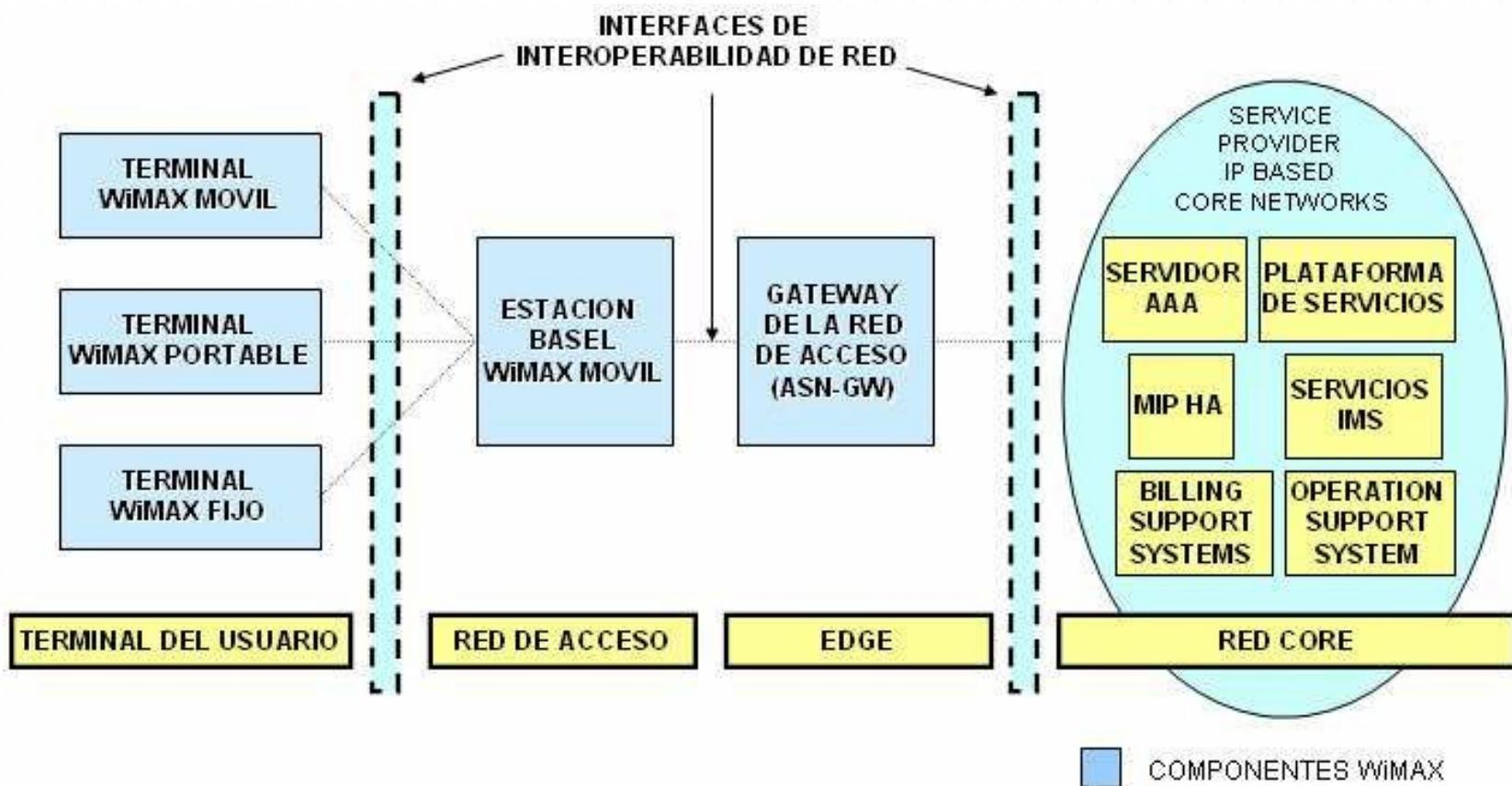
- 6 antenas de 9 dBi. Utiliza la(s) más adecuada(s) en cada momento
- 1 Puerto 10/100BASE-T (Ethernet)
- Radio 802.11b/g para actuar como AP de redes inalámbricas
- 1 ó 2 puertos RJ11 para conectar teléfonos (puede utilizar H.323 o SIP)
- Batería de back-up

# Topología

## Estación Base



# Arquitectura de red WiMAX



# Arquitectura: Core de la red

- Es donde se localizan los equipos de alta capacidad de transmisión. En este bloque se encuentran los elementos centrales de red, los cuales son capaces de administrar y gestionar.
- **Home Agent (HA):** Almacena la información de las estaciones suscriptoras en la red. MIP (*Mobile IP*) es un protocolo diseñado para los dispositivos móviles, el cual les permite moverse de una red a otra manteniendo permanente su dirección IP.
- **Servidor AAA (Authentication Authorization Accounting):** encargado de realizar la autenticación, autorización y contabilidad en la red.
- **Servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol):** administración y asignación dinámica de direcciones IP para los dispositivos.
- **IMS ((IP Multimedia Subsystem):** Optimiza la experiencia del usuario para aplicaciones multimedia integradas y ofrece a los operadores móviles un medio eficiente para proveer múltiples aplicaciones simultáneamente sobre múltiples canales de acceso.

# Edge (borde) y red de acceso

- ▶ El “edge” es la interfaz del núcleo con la red de acceso. Este segmento esta compuesto por los gateway del sistema.
- ▶ Los gateway son conocidos, en WiMax, como ASN - GW (Access Service Network Gateway).
  - ▶ Estos pueden estar conectados a varias estaciones base, su función es hacer el papel de traductor hacia la red exterior de la información que viene del core.
- ▶ En la red de acceso se encuentran todos los sistemas que permiten llegar al usuario final (estaciones base WiMAX)

# Versiones del estándar

- ▶ En 1999 el **IEEE** inicia los estudios para una tecnología de acceso radio de banda ancha
- ▶ En 2001 se establece el **WiMAX Forum**
  - ▶ Compuesto por numerosos suministradores de equipos de comunicaciones, suministradores de componentes, operadores y otras organizaciones sin ánimo de lucro
  - ▶ Lleva a cabo tareas de marketing y promoción, desarrollo de procesos de certificación, desarrollo de perfiles para los sistemas WIMAX
    - ▶ **En 2005 el WiMAX fórum seleccionó a Cetecom España como su primer laboratorio de certificación**
    - ▶ Intel fue el principal valedor de esta tecnología
- ▶ En 2001 aparece el estándar 802.16 para 10-66 GHz, estándar para servicios inalámbricos fijos de banda ancha LOS (Line of Sight)
- ▶ En 2003 el IEEE estandariza la primera versión del estándar, en 2-11GHz
  - ▶ 802.16a, incluyendo conexión NLOS (Non line of Sight)
  - ▶ Mejorado por el WiMAX Forum con 802.11d
- ▶ En 2005 ve la luz la versión 802.16e, para la conexión de dispositivos nómadas
- ▶ En 2011 se publica 802.16m con conexión móvil e incrementando las tasas de velocidad (WiMAX 2)

# Versiones del estándar

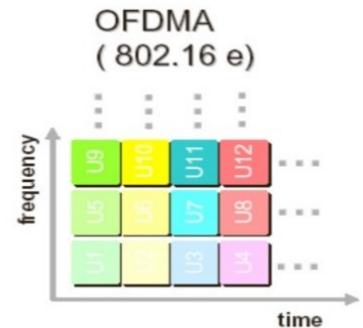
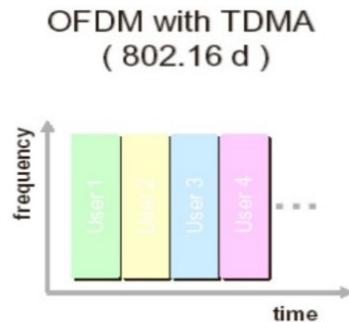
- ▶ **IEEE802.16 (2001):** Aplicación a conexiones punto a punto (line of sight), con antenas direccionales y sin movilidad. Las antenas permanecen fijas. Esta versión del estándar se ha diseñado para bandas entre 11 y 60 GHz.
- ▶ **IEEE802.16d (2003):** Aplicación a conexiones inalámbricas en la banda de 2 a 11 GHz. En estas frecuencias es posible trabajar sin línea de vista directa, por lo que podremos utilizar antenas no direccionales, en ocasiones de interior y auto instalables. Intenta competir en velocidades de acceso con las tecnologías de cable modem y ADSL.
- ▶ **IEEE802.16e (2005) (Mobile WiMAX):** Añade movilidad, prometiendo comunicaciones en vehículos a 120 Km/h.
- ▶ **IEEE802.16m (2011):** cumple con los requisitos definidos por el IMT-Advanced para ser catalogada como una tecnología 4G (handoff, roaming, etc.). Tasas máximas de 100Mbps móvil y 1Gbps fija. Es conocido como WIMAX 2, y principal competidor de LTE.

# Comparativa versiones WiMAX

Wi-MAX Type	802.16	802.16a/Rev d	802.16e
Completed	Dec 2001	802.16a Jan 2003 802.16 Rev d June 2004	Mid 2005
Spectrum	10 – 66 GHz	2 – 11 GHz	2 – 6 GHz
Application	Backhaul	Wireless DSL and Backhaul	Mobile Internet
Channel Conditions	Line of Sight only	Non – Line of sight	Non – Line of Sight
Bit rate	32 – 134 Mbps at 28 MHz channelization	Up to 75 Mbps at 20 MHz channelization	Up to 15 Mbps at 5 MHz channelization
Modulation	QPSK 16 QAM and 64 QAM	OFDM 256 sub carriers QPSK 16 QAM and 64 QAM	Scalable OFDMA
Mobility	Fixed	Fixed	Pedestrian Mobility / Regional roaming
Channel Bandwidth	20, 25 and 28 MHz	Selectable channel between 1.5 and 20MHz	Same as 802.16a with UL sub channels to conserve power
Typical Cell Radius	1 – 3 miles.	4 – 6 miles. Maximum range 30 Miles based on tower height, antenna gain and power transmit.	1 – 3 Miles

# Características técnicas

- ▶ Acceso al medio
  - ▶ TDMA/OFDMA (como LTE)
  - ▶ 802.16d
- ▶ MIMO
- ▶ Topología punto-multipunto y de malla
- ▶ QoS
- ▶ Bandas con y sin licencia
- ▶ Beamforming (para antenas direccionales)
- ▶ Aplicaciones de voz (VoIP), vídeo y datos



# Características técnicas

- ▶ Seguridad
  - ▶ Más allá de las tecnologías WLAN, WiMAX se caracteriza por ser robusta en materia de seguridad
    - ▶ Soporta AES-CCM (Advanced Encryption Standard) para cifrar los datos entre la estación base y las estaciones remotas
    - ▶ Autenticación de las estaciones con EAP (Extensible Authentication Protocol)
- ▶ Escalabilidad
  - ▶ Al disponer de un ancho de banda amplio y distintas bandas de frecuencia, WiMAX puede cumplir con las regulaciones de frecuencia en todo el mundo y las restricciones de los diversos ISPs, ofreciendo servicios básicos de Internet a un gran número de usuarios

# Quality of Service

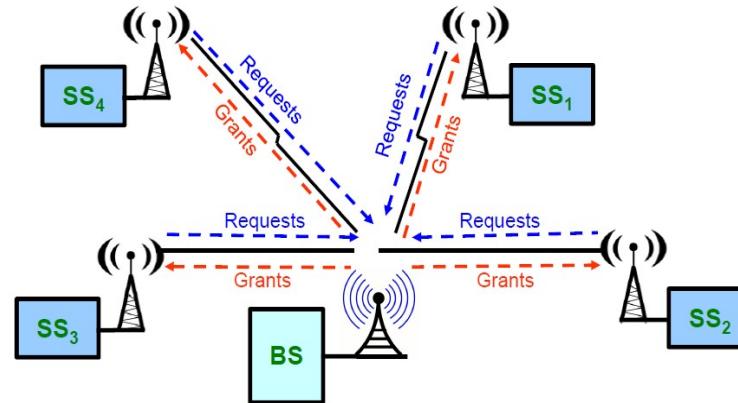
- WiMAX móvil posee un control de QoS en todo el recorrido del enlace, soporta el uso de etiquetas MPLS (Multiprotocol Label Switching), sistema que le permite priorizar paquetes y soportar aplicaciones con distintos requisitos.

Ejemplo:

CATEGORÍA QoS	APLICACIONES	ESPECIFICACIONES DE QoS
<b>UGS: Unsolicited Grant Service</b>	VoIP	Tolerancia a la latencia Tolerancia al Jitter. Tasa sostenido Máximo
<b>rtPS: Real Time Packet Service</b>	Audio o Video Streaming	Prioridad de Tráfico. Tolerancia a la Latencia. Tasa sostenida Máxima. Tasa reservada Mínima.
<b>ErtPS: Extended Real Time Packet Service</b>	Voz con detención de actividad (VoIP)	Tasa reservada Mínima. Tolerancia a la Latencia. Tolerancia a Jitter. Prioridad de Trafico. Tasa sostenida Máxima.
<b>nrtPS: Non Real Time Packet Service</b>	Protocolo de transferencia de Archivos (FTP)	Tasa reservada Mínima. Tasa sostenida Máxima. Prioridad de tráfico.
<b>BE: Best Effort Service</b>	Transferencia de datos navegación en la Web	Tasa sostenida Máxima. Prioridad de Trafico.

# Transmisión de datos (acceso al medio) en WiMAX

- El conjunto de receptores se elige mediante una planificación oportunista (*opportunistic scheduling*)
  - En base al estado del canal (ocupación, errores, etc.)
- La estación base regula qué estaciones suscriptoras acceden al canal de subida mediante peticiones
  - Controlan cuánto tiempo se le da acceso a cada estación suscriptora
  - Las políticas de asignación dependen del operador de red



# Ventajas y desventajas

- WiMAX es una de las tecnologías usadas para hacer un enlace entre dispositivos móviles e Internet. Esta tecnología está dentro de las que conocemos como bucle local (red que se extiende entre la central telefónica y la ubicación de un usuario).
- ¿Qué ventajas ofrece la tecnología WiMAX?
  - provee servicios de banda ancha en regiones donde el cable tiene un costo elevado e inestable (por ejemplo, zonas rurales).
  - Puede alcanzar velocidades de transferencia aceptables a distancias relativamente grandes
- ¿Qué desventajas tiene la tecnología WiMAX?
  - El mal clima puede interrumpir la señal
  - Otro equipo inalámbrico puede causar interferencia
  - Tecnología poco eficiente

# Papel de WiMAX en la actualidad

- ▶ WiMAX es considerado como un complemento a las infraestructuras existentes, tanto fijas como móviles
- ▶ Acceso inalámbrico de banda ancha en el mercado residencial y de empresas
- ▶ Su principal ventaja para los usuarios de redes móviles era la de ofertar un mayor ancho de banda a menores costes:
  - ▶ Equipos más económicos
  - ▶ Funcionamiento en bandas sin licencia
  - ▶ Anchos de banda de usuario elevados en ubicaciones rurales
- ▶ Sin embargo LTE proporciona estas ventajas e incluso las supera...

# WiMAX vs LTE

- ▶ Ambas pueden considerarse tecnologías 4G competidoras entre sí (alta velocidad, OFDM, MIMO, Quality of Service, movilidad, arquitectura flexible orientada a IP, etc.)

	LTE-Avanzado (3GPP versión 10)	WiMAX versión 2.0
<b>Generación</b>	4G	4G
<b>Edición esperada</b>	2011	2011
<b>Capa Física</b>	Enlace Descendente: OFDMA Enlace ascendente: SCFDMA	Enlace Descendente: OFDMA Enlace ascendente: OFDMA
<b>Modo dúplex</b>	Duplexación por división en el tiempo (TDD) Duplexación por división en frecuencia (FDD)  Hasta 350 kmph	Duplexación por división en el tiempo (TDD) Duplexación por división en frecuencia (FDD)  Hasta 350 kmph
<b>Movilidad del usuario</b>		Hasta 350 kmph
<b>Cobertura</b>	Hasta 100 km	Hasta 50 km
<b>Ancho de banda del canal</b>	Hasta 100 MHz	5, 10, 20, 40 MHz
<b>Tasa pico de datos</b>	Enlace descendente: 1 Gbps Enlace ascendente: 300 Mbps Enlace descendente: 30 bps/Hz Enlace ascendente: 15 bps/Hz  Capa de enlace: menor que 5 ms Handoff: menor que 50 ms	Enlace descendente: mayor que 350 Mbps (4 x 4 antenas) Enlace ascendente: mayor que 200 Mbps (2 x 4 antenas) En 20 MHz, FDD  Enlace descendente: mayor que 2.6 bps/Hz (2 x 2) Enlace ascendente: mayor que 1.3 bps/Hz (1 x 2)  Capa de enlace: menor que 10 ms Handoff: menor que 30 ms
<b>Eficiencia espectral</b>		
<b>Latencia</b>		
<b>Capacidad VoIP</b>	mayor que 80 usuarios por sector/MHz (FDD)	mayor que 30 usuarios por sector/MHz (TDD)
<b>Otras características</b>	Arquitectura basada en IP Compatible con 3G Soporta QoS (Calidad de Servicio)	Arquitectura basada en IP Compatible con 3G Soporta QoS (Calidad de Servicio)

# WiMAX vs LTE

- ▶ Las diferencias están relacionadas con el aprovechamiento del espectro (WiMAX proporciona algo más de flexibilidad y escalabilidad), las tasas de velocidad (a favor de LTE) y el coste de instalación de su infraestructura (más barata en WiMAX, p.ej. en países en desarrollo).
- ▶ También entran en juego el interés de las organizaciones detrás de estas tecnologías (WiMAX definido por el WiMAX Forum, LTE por 3GPP) y compañías de telecomunicaciones.
- ▶ Por popularidad e la interoperabilidad con tecnologías móviles de anteriores generaciones, la mayoría de operadores han elegido LTE como su tecnología 4G en los últimos años.

0 Aunque LTE haya ganado la batalla a WiMAX, en España hay aún varias empresas que lo ofrecen actualmente



**Axartel.** Fibra óptica | WiMAX. Internet, fijo, móvil y TV

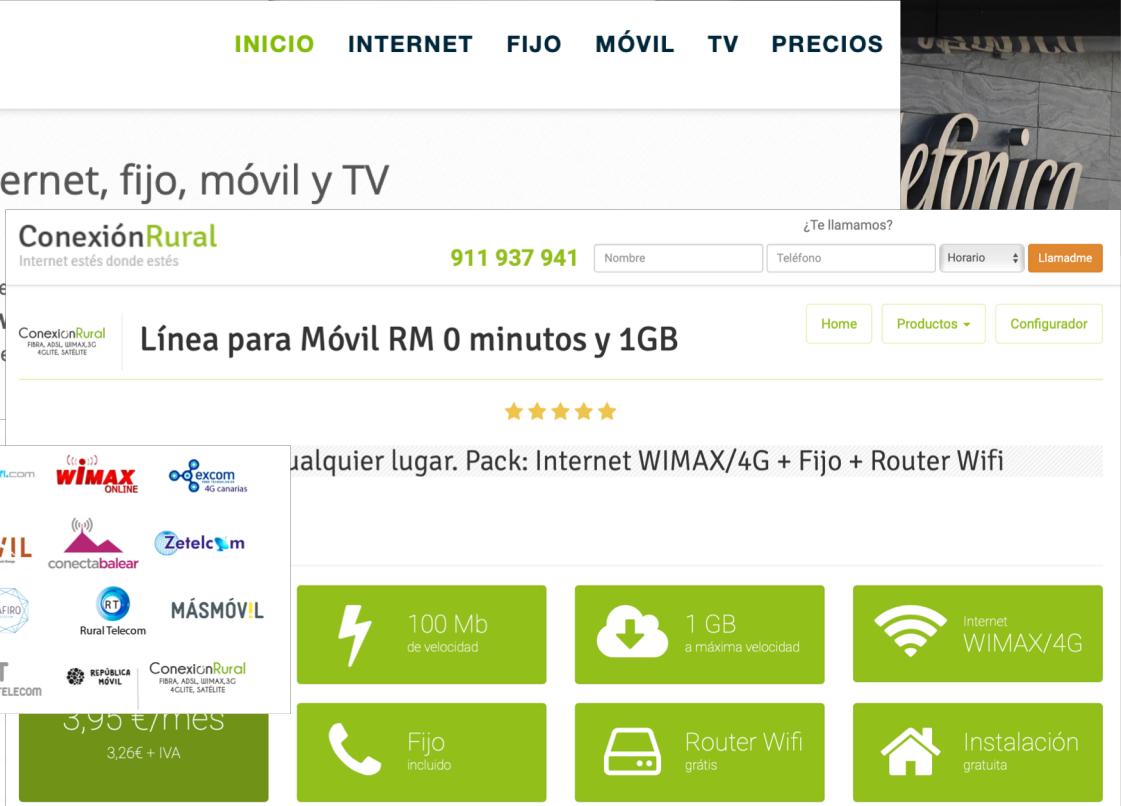
Comunicación adaptada al entorno.

Somos un operador de telecomunicaciones que ofrece servicios de **Axarquía**. Disponemos de **nuestra propia red de Fibra óptica y WiMAX**, así como de telefonía convencional. Tenemos toda una gama de soluciones e

Logos de competidores: haywifi, excom, embou, PIRINEOS TELECOM, excom 4G, meswin.com, WIMAX ONLINE, excom Canarias, aerofonos, quieroInternet, excom 4G Canarias, ilegal, ibertic, PRO MOVIL, conectabalear, Zetelcom, embou, AIR WIFI, nXXt telecom, WIMAX, BANDAWIFI, ZAFIRO, Rural Telecom, MÁSMÓVIL, GRUPO MÁSMÓVIL, hablaya, AirFibra, bu wifi, ib-red, airnet, IT istosTELECOM.

## Telefónica absorbe Iberbanda y apaga su red de wimax

- La firma comunica el cambio a los clientes de la filial
- La operadora sustituirá esta tecnología por accesos 3G y 4G



The screenshot shows the Axartel website homepage. At the top, there's a navigation bar with links for INICIO, INTERNET, FIJO, MÓVIL, TV, and PRECIOS. Below the navigation is a banner featuring the 'efinica' logo. The main content area has a heading 'ConexiónRural' with the subtext 'Internet estés donde estés'. It features a phone number '911 937 941' and a form for calling. Below this is a section for 'Línea para Móvil RM 0 minutos y 1GB' with a five-star rating icon. Further down, there's a promotional offer for 'Alquier lugar. Pack: Internet WIMAX/4G + Fijo + Router Wifi' with icons for speed, storage, and connectivity. At the bottom, there are six green call-to-action boxes: '100 Mb de velocidad', '1 GB a máxima velocidad', 'Internet WIMAX/4G', 'Fijo incluido', 'Router Wifi gratis', and 'Instalación gratuita'.

# Bibliografía

- Introduction to Wireless and Mobile Systems,  
Dharma P. Agrawal, Qing-An Zeng, CL Engineering
- Amitabh Kumar, “Mobile Broadcasting with WiMAX: Principles, Technology”, Taylor & Francis, 2014
- Syed A. Ahson, Mohammad Ilyas, “WiMAX: Applications”, CRC Press, 2018
- Revista Telem@tica. Vol. 13. No. 2, mayo-agosto, 2014. ISSN 1729-3804