

The background features a decorative graphic consisting of three overlapping blue circles of varying sizes, arranged vertically. Two thin blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the text and circles.

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

Wimax como solución a la necesidad de conectividad total
en áreas de difícil acceso por cable

Juan Daniel Rojo Montiel
10/01/2013

Dedicatoria,

A mis padres por haberme inculcado la idea de que nada es demasiado importante ni muy insignificante mientras sea mi decisión realizar cualquier empresa, por haberme respetado y nunca exigido. A Manuel Barea por haberme enseñado que nunca es uno viejo para aprender o incapaz de entender si el maestro pone verdadero afán e interés y el alumno desea saber. Y sobre todo a mi mujer Sonia, que aguantó pacientemente durante mis horas de estudio, que compartió mis alegrías, que soporto mis soporíferas explicaciones y elucubraciones de porque sí o no las cosas funcionan y sobre todo, que aguantó mis enojos, mis ataques de impaciencia y mi desesperación, a ella especialmente se la dedico. Sin ninguno de estos eslabones no lo habría conseguido. Vaya esta mención en la primera página porque este trabajo es, en gran parte, vuestro también.

07/01/2013 22:59

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Descripción.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Marco	5
1.4. Diagrama de Gant	8
2. DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA - Wimax como solución.	
2.1. Visión general.....	9
2.1.1. Desarrollo de la tecnología	10
2.1.2. Bandas licenciadas vs espectro libre	14
2.1.3. Banda licenciada	14
2.1.4. Banda libre	15
2.1.5. Comparativa técnica.....	15
2.1.6. Licencia de operación en banda licenciada.....	18
2.2. Capa física y protocolos.....	18
2.2.1. Descripción de la trama Wimax	18
2.2.2. Subtrama de downlink	19
2.2.3. Subtrama de uplink.....	20
2.2.4. Capa Física de Wimax.	21
2.2.5. OFDM.....	21
2.3. Antenas y estructura necesaria	24
2.3.1. Antenas Omnidireccionales	25
2.3.2. Antenas Sectoriales.....	27
2.3.3. Antenas Panel.....	27
2.3.4. Estaciones de abonado	28
3. CAPA CONTROL ACCESO AL MEDIO Y QoS	
3.1. Consideraciones generales	29
3.2. Estación Base.....	30
3.3. Estaciones subscritoras	30
3.4. La capa MAC	30
3.5. Calidad de Servicio (QoS).....	32
4. CÁLCULO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE LAS PÉRDIDAS POR PROPAGACIÓN.	
4.1. Cálculo pérdida de señal teórico	33
4.2. Cálculo pérdida de señal con Radio Mobile.....	36
5. CÁLCULO DE THROUGHPUT Y OFERTA DISPONIBLE	
5.1. Análisis de requerimientos	42
5.2. Cálculo de ancho de banda	43
5.3. Cálculo ancho de banda para servicio de voz	45
6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO	
6.1. Descripción.....	46
6.2. Primera valoración.....	49
6.3. Valoración alternativa.....	53
7. ASPECTOS LEGALES	
7.1. Aspectos legales que regulan la elección de banda libre o licenciada	56
7.2. Aspectos legales que regulan la financiación del proyecto.....	56
7.3. Aspectos legales que regulan la gestión de información confidencial	57
7.4. Aspectos legales que regulan la información confidencial	59
8. CONSIDERACIONES FINALES	60
9. BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXO	
Ampliación Leyes (Ley 32/2003, General de Telecomunicaciones)	62
Características técnicas elementos	78

1.1. DESCRIPCIÓN

Existen en el mundo ciertas comunidades indígenas que viven en pueblos aislados. Estos pueblos originarios optan por vivir en un aislamiento voluntario, rechazando cualquier contacto con representantes del gobierno, empresas de extracción de recursos naturales y representantes de grupos religiosos que operan en proximidad de sus territorios ancestrales. A fin de seguir permaneciendo así se realizan auténticos esfuerzos desde muchas ONG a los propios gobiernos.

No obstante, el aislamiento no es exclusivo de dichas comunidades. Actualmente, no tener acceso fiable a internet y todas sus aplicaciones telemáticas puede colocar a una comunidad en desventaja sobre otras y en cierta incomunicación. Sin embargo, a diferencia de las comunidades indígenas indicadas antes, en el caso de nuestra sociedad este aislamiento no sería voluntario.

Por tanto es necesario que cualquier organismo público de nuestro país ofrezca opciones de conexión a internet con garantías a sus vecinos. En estos momentos en muchos pueblos de España el acceso limitado a la red de telefonía básica hace que existan pocos proveedores de banda ancha, por tanto el acceso a internet es poco viable o a un precio poco competitivo.

Por otro lado, actualmente el acceso telemático ha representado una auténtica revolución en la industria y la construcción. El control y la administración a distancia de equipos y maquinaria entre otros, proporcionan una innumerable cantidad de posibles aplicaciones que mejoran y optimizan los procesos de ambos sectores.

El efecto de la telemática en estos dos campos es ampliamente reconocido pero no es el único. Para el sector agropecuario se están diseñando nuevas soluciones a los retos y evolución que el medio está afrontando. El impacto de las redes inalámbricas a grandes distancias implica una evolución en la manera en que se gestionan los recursos y se optimizan los procesos.

Pongamos como ejemplo las características que ofrece el fabricante de maquinaria agrícola John Deere que ha desarrollado soluciones usando el sistema telemático JDLink que le permite supervisar todas las máquinas y tractores en cualquier lugar donde exista una conexión a Internet. Sus características, entre otras son: Mejora de la eficiencia del combustible, análisis de los datos de productividad y mejora del rendimiento de los operarios.

Para sectores más específicos tenemos los sistemas de información geográfica que se han convertido en una herramienta de uso común en el campo de las tecnologías de la información. Los GIS son soluciones que se pueden aplicar a nivel local como es análisis del rendimiento de los campos. Por ejemplo, utilizando simples estadísticas espaciales, un mapa puede indicar la cantidad de fósforo necesaria en varias hectáreas de un campo o ayudan a las compañías que abastecen a los productores a mejorar la planificación de los servicios de aprovisionamiento y compra, mediante la localización de clientes actuales y potenciales en un mapa.

De modo que, para no quedarse rezagado y perder las oportunidades que las nuevas tecnologías ofrecen es imprescindible disponer de una red de comunicaciones confiable en cada uno de los municipios que pueblan el país. Los organismos públicos deben asegurarse de la disponibilidad técnica de dichos sistemas en el área de su incumbencia.

1.2.OBJETIVOS

Exponer la oferta que la tecnología actual sin hilos ofrece a los pequeños municipios con una dispersión elevada de sus habitantes. La exposición se realizará teniendo en cuenta las características orográficas, censales y económicas de Campillo de Llerena con el fin de ajustar las soluciones a las necesidades concretas.

Este proyecto pretende acercar la redes telemáticas y sus soluciones tanto a los usuarios particulares con el fin de facilitar su conexión a internet, como a los empresarios que actualmente operan en el municipio de modo que obtengan nuevas maneras de revitalizar y ampliar su campo de negocio.

Los servicios ofrecidos por la red Wimax permitirán la conexión telefónica por red VoIP y ancho de banda para servicios de transmisión de datos.

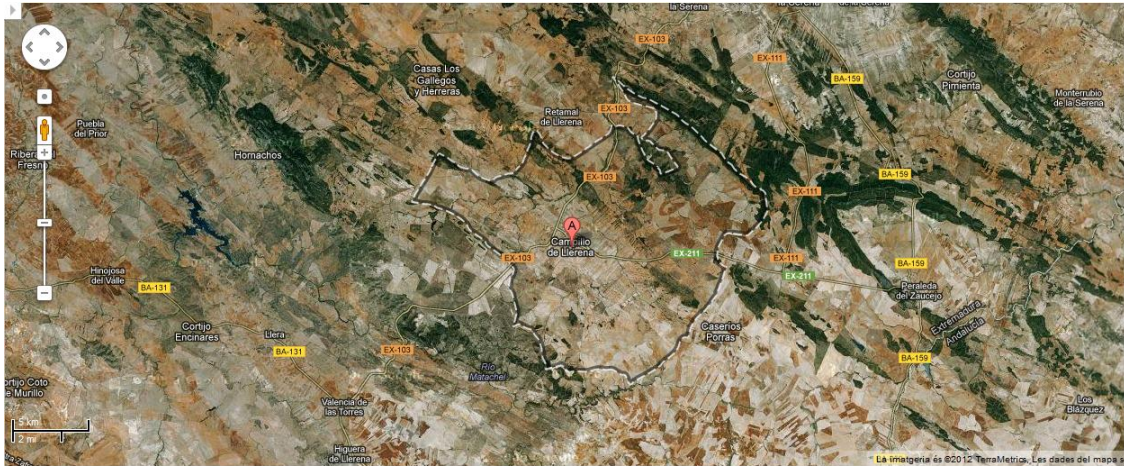
Se añadirá además un cálculo aproximado del coste de la implantación así como su posible amortización. Se propondrá un sistema de cuotas mensuales que dado que se oferta con la telefonía IP podría ser fácilmente ofertado a los vecinos del municipio.

Por otro lado se hará una descripción técnica de las soluciones propuestas y los cálculos necesarios que garanticen el rendimiento de la infraestructura, sin olvidar la reglamentación y legislación a las que este proyecto está sujeto.

1.3. MARCO

El municipio de campillo de Llerena es una villa de la Comunidad Autónoma de Extremadura, provincia de Badajoz, a 139 Km. de la capital, partido judicial de Llerena, de cuya ciudad dista 46 Km.

Figura 1: Campillo de Llerena.



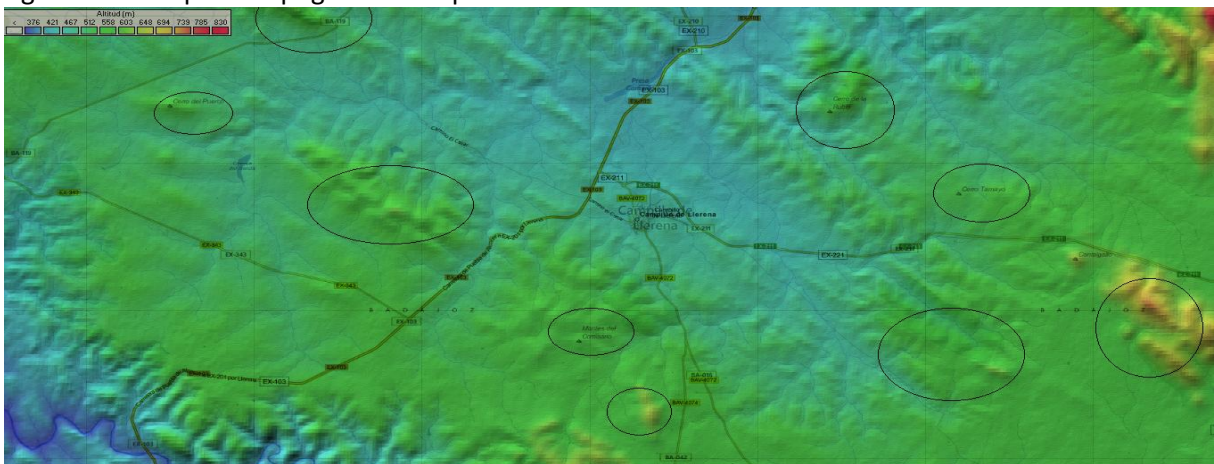
La población total es de 1461 habitantes.

La Villa se asienta en un pequeño cerro. Desde este lugar hay contacto visual con la mayoría de las viviendas circunscritas a la vecindad.

Las elevaciones más importantes se hallan en el Este del término, en una pequeña sierra que se llama Argallén, ramal de la de Pareda orientándose de Norte a Sur, alcanzando los 730 metros de altura. Otras cotas mencionables son las sierras del Corcho, Mingorrubio, Sierra Chica, Sierra del Prado, Cornejo y Cerro Mirón, con alturas que oscilan entre 550 y 675 metros. El municipio se halla a 502 metros de altitud.

La orografía del terreno es irregular y existen muchas barreras naturales a la transmisión de las ondas electromagnéticas. Por tanto la influencia del medio en el diseño de la red es muy importante.

Figura 2: Descripción topográfica Campillo de Llerena



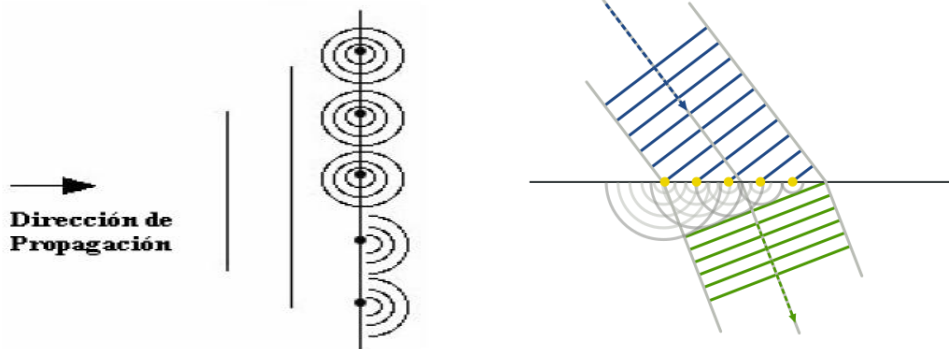
Existen diferentes efectos generados por una superficie irregular terrestre en la propagación de las ondas:

– A frecuencias bajas y para antenas próximas al suelo se excita una onda de superficie. Cuanto más larga la longitud de onda (y por lo tanto una frecuencia más baja) las ondas tienden a penetrar objetos mejor que las que tienen longitudes de onda más corta (y por consiguiente una frecuencia más alta). Por ejemplo, la radio FM (88-108MHz) puede atravesar edificios y otros obstáculos fácilmente, mientras que las ondas más cortas (cómo los teléfonos GSM operando a 900MHz o 1800MHz) tienen más dificultades en penetrar edificios. Este efecto es debido en parte a los diferentes niveles de potencia utilizados por la radio FM y el GSM, pero también debido a las longitudes de onda más cortas de las señales GSM.

– A frecuencias superiores, para antenas elevadas, el suelo produce reflexiones o difracciones cuando obstaculiza a la onda.

La difracción se explica por el principio de Huygens donde cada punto en un frente de onda puede considerarse como una fuente puntual isotrópica secundaria:

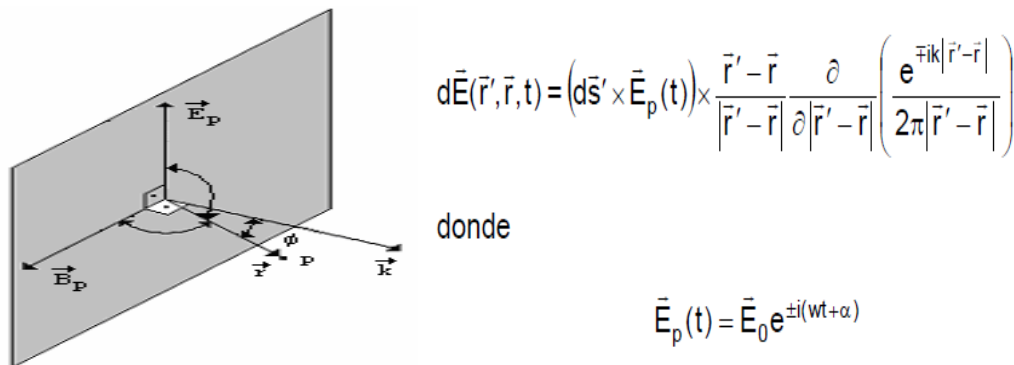
Figura 3: Frente de onda según principio de Huygens



Por este principio, al recibir una onda de energía incidente, un obstáculo radiará de nuevo la onda en todas direcciones desde una multitud de centros elementales en el horizonte de la Tierra.

La difracción electromagnética es, por lo tanto, la flexión de las ondas al rozar la superficie de la Tierra o cualquier otro obstáculo involucrado en la trayectoria.

Figura 4: Principio de Huygens para las ondas planas y esquema descriptivo de la propagación de las ondas secundarias.



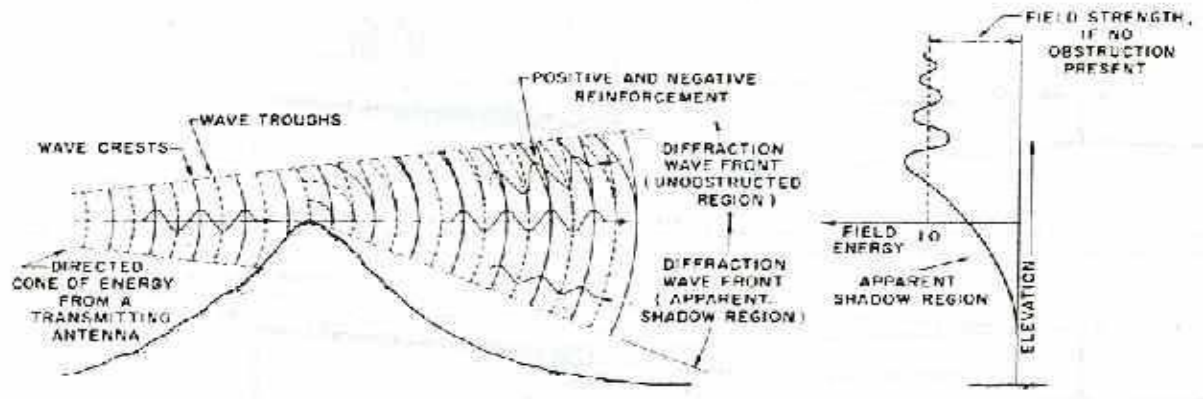
$$d\vec{E}(\vec{r}, \vec{r}', t) = (d\vec{s}' \times \vec{E}_p(t)) \times \frac{\vec{r}' - \vec{r}}{|\vec{r}' - \vec{r}|} \frac{\partial}{\partial |\vec{r}' - \vec{r}|} \left(\frac{e^{-i k |\vec{r}' - \vec{r}|}}{2\pi |\vec{r}' - \vec{r}|} \right)$$

donde

$$\vec{E}_p(t) = \vec{E}_0 e^{\pm i(\omega t + \alpha)}$$

$$W = \frac{\varepsilon |\vec{E}_0(t)|^2}{8\pi^2 r^2 \Gamma^2} \left(k^2 + \frac{1}{r^2} \right) (1 + \text{Cos}^2(\phi))$$

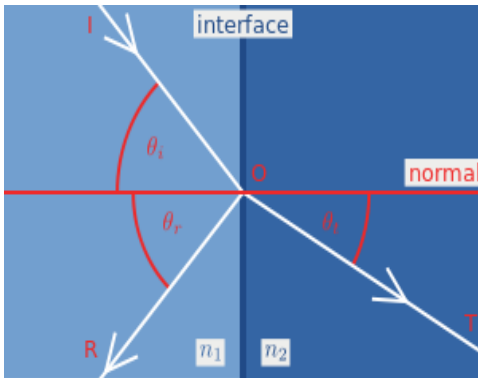
Figura 5: Efecto de la difracción en la propagación de ondas



Otro efecto indeseado de la orografía irregular es la reflexión de onda, que se debe al rebote que experimenta la onda cuando llega a un obstáculo grande, como una pared. Aunque el obstáculo absorba parte de la energía recibida (incluso vibrando si entra en resonancia) se produce también reflexión en la que se transmite de vuelta parte de la energía a las partículas del medio incidente.

Las ecuaciones de Fresnel describen la reflexión y la transmisión de las ondas electromagnéticas en la superficie de contacto. O sea, dan los coeficientes de reflexión y transmisión de las ondas paralelas y perpendiculares al plano de incidencia.

Figura 6: Leyes de Snell y Fresnel

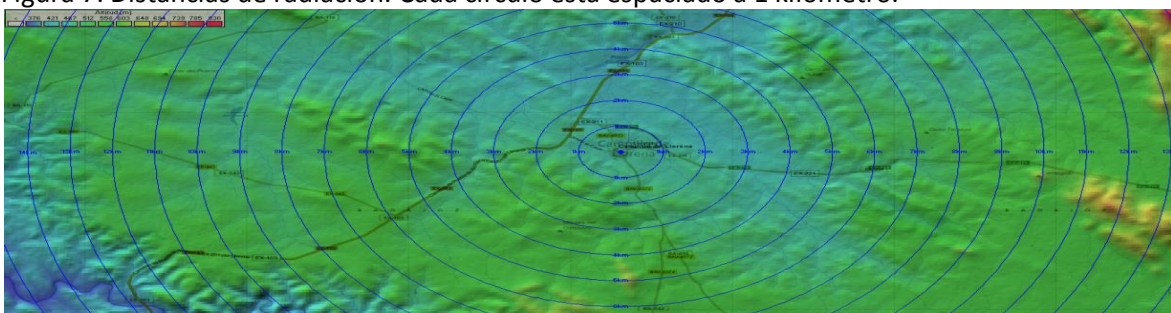


$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$R_s = \frac{|n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t|^2}{|n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t|^2} = \frac{|n_1 \cos \theta_i - n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2}|^2}{|n_1 \cos \theta_i + n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2}|^2}$$

Por tanto si deseamos vencer los obstáculos físicos que generan limitaciones a la transmisión de datos por medio de ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia será preciso contar con los medios que permitan la tecnología actual, en el caso de estudio está especialmente indicado el método LOS (Line-Of-Sight). Método que implica un contacto visual directo entre emisor y receptor sobre todo en la primera zona Fresnel. Esta tecnología, con una señal de alcance de 10 km como referencia, alcanzaría la gran mayoría de cortijos circundantes.

Figura 7: Distancias de radiación. Cada círculo está espaciado a 1 kilómetro.



1.4. DIAGRAMA DE GANTT

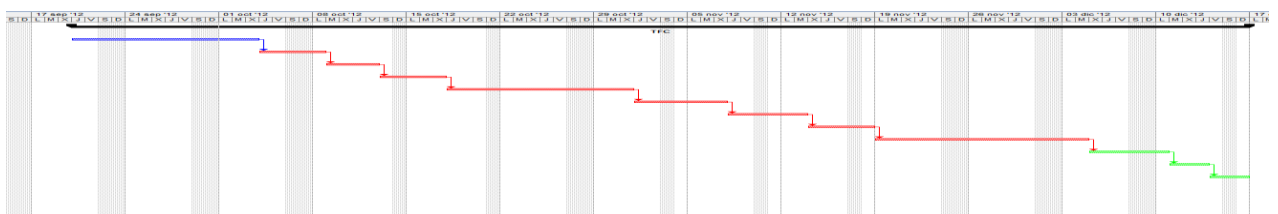
La planificación del proyecto se compone de las principales secciones necesarias para el estudio, análisis y diseño de la instalación propuesta. Además se incluirá en el diagrama la fase de simulación.

Se definen las siguientes secciones:

- Definición del proyecto.
- Estudio de la tecnología Wimax y sus ventajas.
- Estudio de medidas de seguridad a implementar.
- Estudio de las leyes aplicables y que regulan el proyecto.
- Búsqueda de información técnica relativa a equipos y fabricantes que provean soluciones Wimax a diferentes escalas de acuerdo a la normativa.
- Análisis de las necesidades del municipio (habitantes, etc..) y sus peculiaridades topográficas, así como instalaciones públicas que requieran señal.
- Cálculos de atenuaciones y capacidad de ancho de banda necesario para cada escenario.
- Comprobación en campo de estructura física existente y la necesaria para la puesta en marcha de los equipos. Posible ubicación de la antena central para Wimax móvil y otras de menor tamaño para dar cobertura fija.
- Diseño completo de la red Wimax y sistemas de seguridad.
- Pruebas de señal con simulador.
- Cálculo económico de rentabilidad.
- Compilación de la información y redacción de la memoria final.

Figura 8: Programa del TFC

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pre s
1 Trabajo final Carrera	66 días	jue 20/09/12	dom 16/12/12	
2 Definición del proyecto	10 días	jue 20/09/12	mié 03/10/12	
3 Estudio de la tecnología Wimax y sus ventajas	3 días	jue 04/10/12	lun 08/10/12	2
4 Estudio de medidas de seguridad implementables.	4 días	mar 09/10/12	vie 12/10/12	3
5 Estudio de las leyes aplicables y que regulan nuestro proyecto.	4 días	sáb 13/10/12	mié 17/10/12	4
6 Búsqueda de información técnica relativa a equipos y fabricantes que provean soluciones Wimax a diferentes escalas de acuerdo a la normativa.	11 días	jue 18/10/12	mié 31/10/12	5
7 Análisis de las necesidades del municipio (habitantes, etc..) y sus peculiaridades topográficas, así como instalaciones públicas que requieran señal.	6 días	jue 01/11/12	mié 07/11/12	6
8 Cálculos de atenuaciones y capacidad de ancho de banda necesario para cada escenario.	5 días	jue 08/11/12	mar 13/11/12	7
9 Comprobación en campo de estructura física existente y la necesaria para la puesta en marcha de los equipos. Posible ubicación de la antena central para Wimax móvil y otras de menor tamaño para dar cobertura fija.	4 días	mié 14/11/12	dom 18/11/12	8
10 Diseño completo de la red Wimax y sistemas de seguridad.	12 días	lun 19/11/12	mar 04/12/12	9
11 Pruebas de señal con simulador.	4 días	mié 05/12/12	lun 10/12/12	10
12 Cálculo económico de rentabilidad.	3 días	mar 11/12/12	jue 13/12/12	11
13 Compilación de la información y redacción de la memoria final.	2 días	vie 14/12/12	dom 16/12/12	12



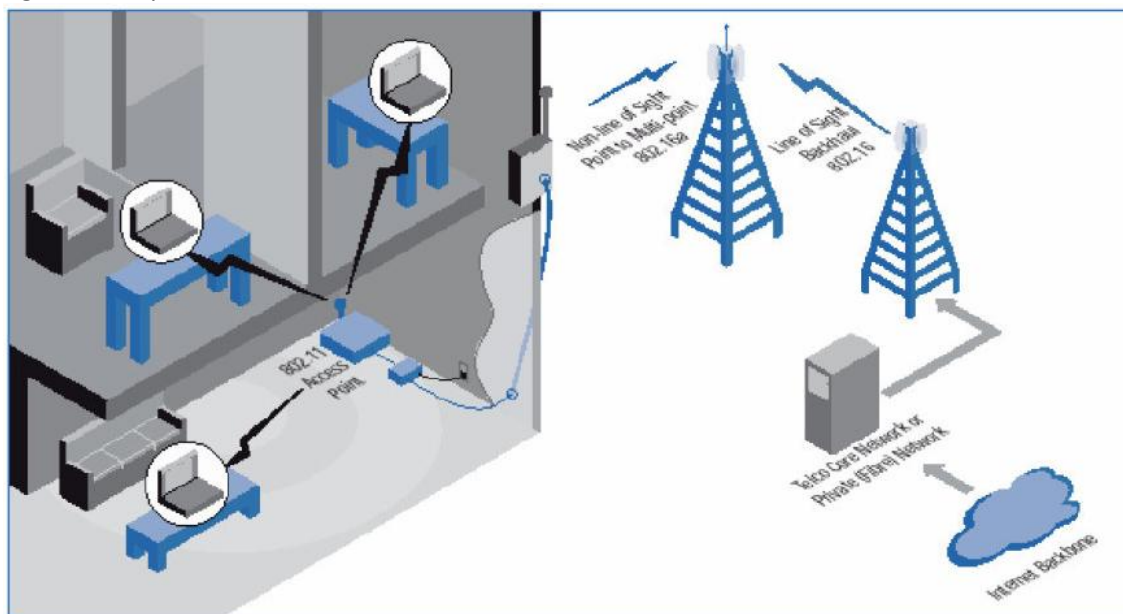
2. DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA - Wimax como solución.

Ante los retos expuestos en las secciones anteriores es preciso contar con una tecnología que permita una conexión remota a velocidades de banda ancha y con garantías de calidad. Adicionalmente dicha solución debería ser implementable sin grandes requerimientos de infraestructura y costes.

La tecnología escogida para poder realizar la propuesta tecnológica es Wimax. Basado en un estándar diseñado por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Wimax tiene el potencial de reemplazar un gran número de infraestructuras de telecomunicaciones. A modo de ejemplo, el estándar 802.16-2004 para configuraciones fijas inalámbricas podría reemplazar la red de telefonía actual basada en el hilo de cobre o la televisión basada en el cable coaxial.

Como se observa en la Figura 1, desde la conexión física de la red hasta el cliente final no existe necesidad de ninguna infraestructura cableada aparte de las torres de emisión y sin embargo la conectividad es total.

Figura 9: Propuesta de conexión inalámbrica Wimax.



Con el fin de mostrar la idoneidad de esta tecnología es necesario comprender sus características.

2.1. VISIÓN GENERAL

Wimax es un estándar desarrollado por la IEEE que está englobado en las tecnologías IEEE 802. Este estándar es un protocolo que actúa sobre Redes de ordenadores. Concretamente y según su propia definición sobre redes de área local (RAL, en inglés LAN) y redes de área metropolitana (MAN en inglés). También se usa el nombre IEEE 802 para referirse a estándares muy conocidos como: Ethernet (IEEE 802.3), Wi-Fi (IEEE 802.11) o Bluetooth (IEEE 802.15).

Estos estándares se centran en definir las capas (según el modelo de referencia OSI) que describen las encapsulaciones necesarias para la comunicación, especialmente en sus niveles más bajos. Concretamente subdivide el segundo nivel, el de enlace, en dos subniveles: El de Enlace Lógico (LLC), y el de Control de Acceso al Medio (MAC), subcapa de la capa de Enlace Lógico.

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

El IEEE define varios grupos de trabajo, dentro de la familia de 802 (LAN/MAN) tenemos, la siguiente relación que expone la Figura 2:

Figura 10: Tabla estándares 802.16 Wimax

Estándar	Descripción
802.16	WIMAX, rango de frecuencia de 10 a 66 GHz
802.16a	WIMAX para estaciones de usuarios fijas, frecuencias inferiores a 11 GHz
802.16b	Frecuencias exentas de licencia; rango de frecuencia de 5 a 6GHz
802.16c	Detalles del sistema para la banda de 10 a 66 GHz
802.16d	Estándar
802.16-2004	Reemplaza a los estándares 802.16a y 802.16d (e incluye OFDMA)
802.16e	WIMAX para estaciones de usuario en movimiento (velocidad limitada a 120 km/h; tamaño FFT 128, 512, 1024 y 2048)
802.16f	Gestión MIB (Base de Información de Gestión)
802.16g	Gestión de niveles
802.16-1	Interfaz aérea; rango de frecuencia de 10 a 66 GHz
802.16-2	Coexistencia de sistemas de acceso inalámbricos de banda ancha. Reemplazado por la 802.16.2-2004
802.16.2-2004	Coexistencia de sistemas de acceso inalámbricos de banda ancha. Reemplazado por la 802.16.2-2004
802.16.2a	Recomendaciones para la coexistencia de los sistemas de acceso fijo inalámbricos de banda ancha.
802.16.3	Interfaz aérea para sistemas de acceso fijo inalámbricos de banda ancha operando por debajo de los 11 GHz

IEEE802.16, a la que corresponde Wimax, pertenece a la familia de estándares de LAN/MAN bajo el nombre de redes WMAN, que permite la conexión inalámbrica de banda ancha en una amplia zona de cobertura (áreas metropolitanas).

Wimax parece un concepto parecido a WiFi, y es inevitable su comparación ya que se trata de dos tecnologías basadas en estándares del IEEE para redes inalámbricas, pero totalmente distintas en definición y operación. Wimax no solo alcanza distancias mayores sino que su ancho de banda es superior, además de poder garantizar Calidad de Servicio (QoS). WiFi fue diseñado como una tecnología de interiores, como alternativa al sistema cableado. Mientras que Wimax, fue concebido como solución de última milla para redes metropolitanas.

2.1.1. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

Como se comentó en el apartado anterior, Wimax es una tecnología basada en estándares que permite al abonado la conectividad de banda ancha inalámbrica en uso fijo, nómada, portátil y móvil sin necesidad de visión directa de la estación base. De las tecnologías desarrolladas en este estándar hemos de esperar hasta las más recientes para poder contar con el desarrollo práctico suficiente para nuestras necesidades, como se aprecia en la descripción:

- Estándar 802.16: Enlaces fijos radio con línea de visión directa entre el transmisor y el receptor utilizando frecuencias dentro de la banda de 10 a 66 GHz para proporcionar velocidades de transmisión de hasta 134 Mbps y sin movilidad.
- Estándar 802.16a: Basada en enlaces fijos, llegó a realizar modificaciones de control de acceso y de especificaciones de la capa física logrando una distancia de operatividad de 40 a 70 kilómetros y operando en la banda de 2 a 11 GHz, parte del cual es de uso común, y no requiere licencia para su operación. Permite transmitir a velocidades teóricas de hasta 75 Mbps. Emplea las bandas de 3.5 GHz y 10.5GHz, válidas internacionalmente, que requieren licencia (2.5 – 2.7 GHz en EEUU), y las de 2.4 GHz y 5.725 – 5.825 GHz que son de uso común y no requieren disponer de licencia alguna.
- Estándar 802.16b: Este estándar usa las bandas de 5 GHz y 6 GHz y proporciona QoS (Quality of Service) por lo que se puede usar para transmitir voz y datos. Trabaja en la modificación del nivel MAC y en capas físicas adicionales para bandas de frecuencia exentas de licencia (WirelessHUMAN).
- Estándar 802.16c: Este estándar se ocupó sobretodo del rango de 10 a 66 GHz. Sin embargo, también desarrolla otros aspectos como la evolución del funcionamiento y la prueba y ensayo de los posibles perfiles del sistema. Desarrolla tres tipos de modulación para la capa PHY: modulación con una sola portadora, modulación con OFDM de 256 portadoras y de 2048 portadoras, pero el elegidos es OFDM de 256 portadoras, debido a que en el proceso de cálculo para la sincronización se tiene menor complejidad respecto a la utilización del esquema de 2048 portadoras.
- Estándar 802.16-2004(d): Las principales características de los protocolos para Wimax fijos, mencionados en los puntos anteriores, se han incorporado en este estándar. Por lo que éste es el reemplazo del estándar IEEE 802.16a. Este estándar final soporta numerosos elementos obligatorios y opcionales. Teóricamente podría transmitir hasta unos 70 Mbps en condiciones ideales, aunque el rendimiento real podría ser únicamente superior a unos 40 Mbps.
- Estándar 802.16e-2005: Es una ampliación de IEEE 802.16d para ofrecer movilidad y roaming. Por tanto, también es conocido como Wimax móvil. Sirve para aplicación a conexiones inalámbricas en la banda de 2 GHz a 6 GHz, que permite transmitir sobre él a velocidades de hasta 15 Mbps. Añade movilidad, prometiendo comunicaciones a velocidades en torno a 120 km/h.
- Estándar 802.16-2009: Cuando hablamos de Wimax e interoperabilidad se refiere a este estándar. Integra todas las virtudes vistas en los precedentes. Orientado a NLOS y soporte a tecnología móvil es el futuro de este tipo de infraestructuras.

¿Por qué de entre los posibles estándares disponibles se prefiere para el proyecto en desarrollo el 802.16-2004? Obviamente la alternativa a la opción escogida es la 802.16-2009 que es más reciente, una tecnología muy recomendable por ser NLOS y en banda libre, sin embargo para presentar un proyecto de puesta en marcha real necesitamos una infraestructura que, aunque pierda en innovación, sea confiable. El estándar 802.16-2004 ha sido ampliamente testado e implementado en muchos entornos rurales y ante circunstancias heterogéneas y por tanto considero que es la mejor solución.

Adicionalmente hemos primado 802.16-2004 porque, aunque existen dos tipos de bandas, las licenciadas y las libres, este estándar proporciona la que interesa al efecto, la banda libre. En el

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

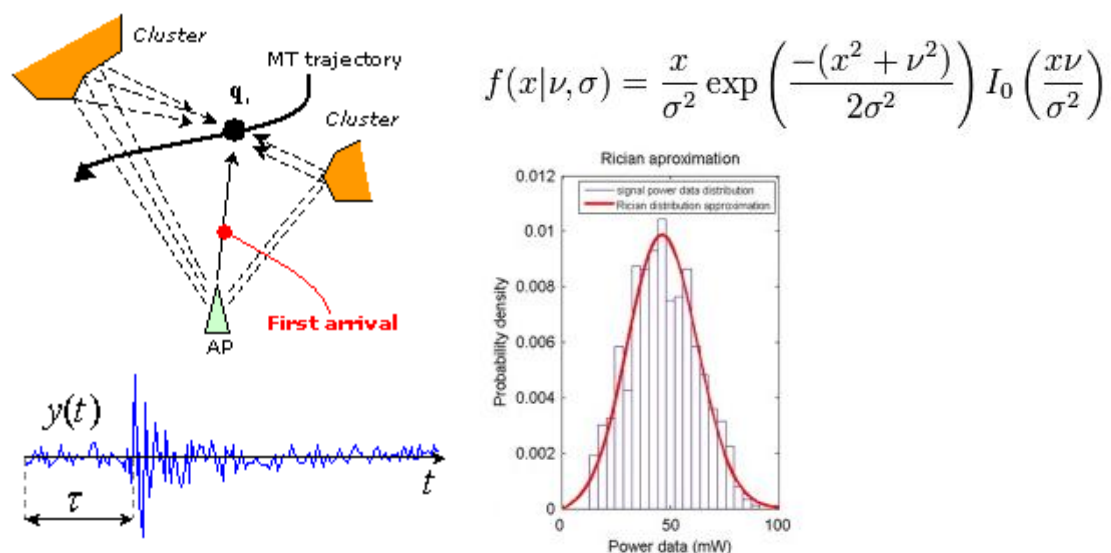
proyecto en estudio necesitamos 1) el mayor ancho de banda posible y 2) precio competitivo. Estas dos características, aunque explicadas en profundidad en la sección que compara ambas bandas, son los principales puntos fuertes de la banda libre.

El estándar 802.16-2004 es un sistema LOS, y en un enlace LOS, la señal viaja a través de un camino directo y sin obstáculos desde el transmisor al receptor. El enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel esté libre de cualquier obstrucción. Si este criterio no se cumple, entonces se produce una significativa reducción en el nivel de intensidad de la señal recibida, sin embargo estos sistemas Line Of Sight presentan las siguientes características deseables:

- Cubren distancias de hasta 30 millas o 50 Kilometros
- Throughput de hasta 72 Mbps, dependiendo de modulación y características de la señal.

El modelo habitual de desvanecimiento (fading) para canales de comunicaciones inalámbricas LOS (Line-of-sight) está representada por el modelo de distribución de Stephen O. Rice.

Figura 10: (a) LOS permite una señal con el mínimo retardo y óptima potencia. (b) Distribución de



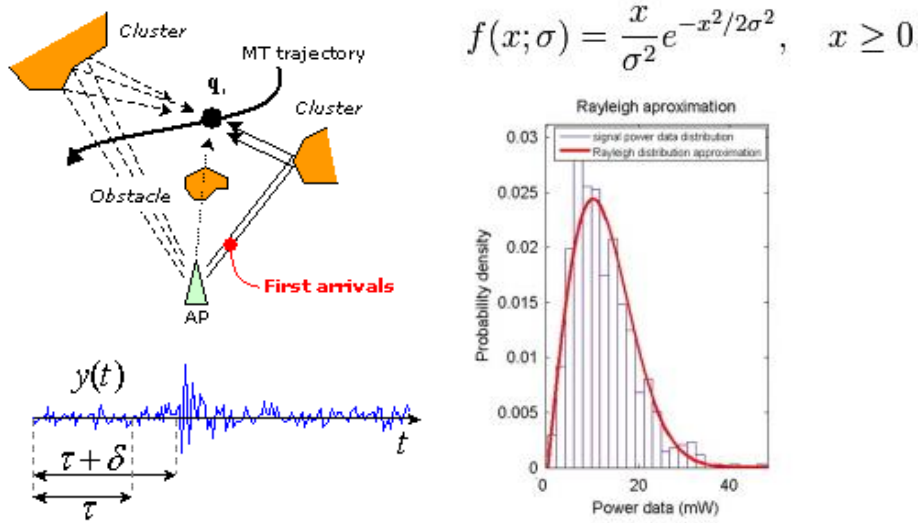
Rice.

Por otro lado, en los canales NLOS la señal alcanza el receptor a través de reflexiones, difracciones y dispersiones. La señal que llega al receptor está formada por una composición de señales que llegan a través de las anteriores formas de propagación (reflexiones, dispersiones y difracciones). Estas señales tienen diferentes retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativa frente a la señal que transmite por el camino directo. El fenómeno del multipath puede causar también que la polarización de la señal cambie. Así el rehúso de frecuencias, que normalmente se hace en los despliegues LOS, puede ser problemático en el caso de los NLOS.

Sin embargo hay varias ventajas que hacen a los despliegues NLOS especialmente interesantes. Por ejemplo, en ocasiones existen estrictos requerimientos de planificación y restricciones en la altura de la antena, que a menudo no permiten a esta ser posicionada por un LOS. Para despliegues celulares contiguos a gran escala, donde el rehúso de frecuencia es crítico, bajar la antena es una ventaja para reducir la interferencia co-canal entre células adyacentes. Esto a menudo fuerza a las estaciones base a operar en condiciones de NLOS, ya que los sistemas LOS no pueden reducir la

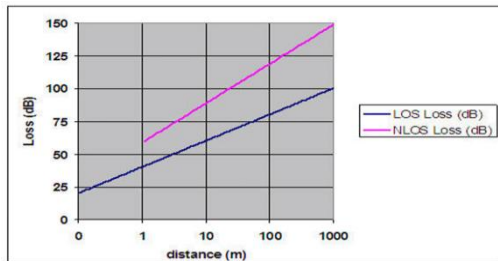
altura de las antenas porque perderían la visibilidad directa con el receptor, aunque este no es el caso analizado dado que no se trata de una ciudad con obstáculos insalvables.

Figura 11: (a) Canales NLOS con retardo δ y atenuación. (b) Modelo definidos estadísticamente por la distribución de Rayleigh.



Una comparativa ofrece detalles interesantes sobre los dos tipos de canales:

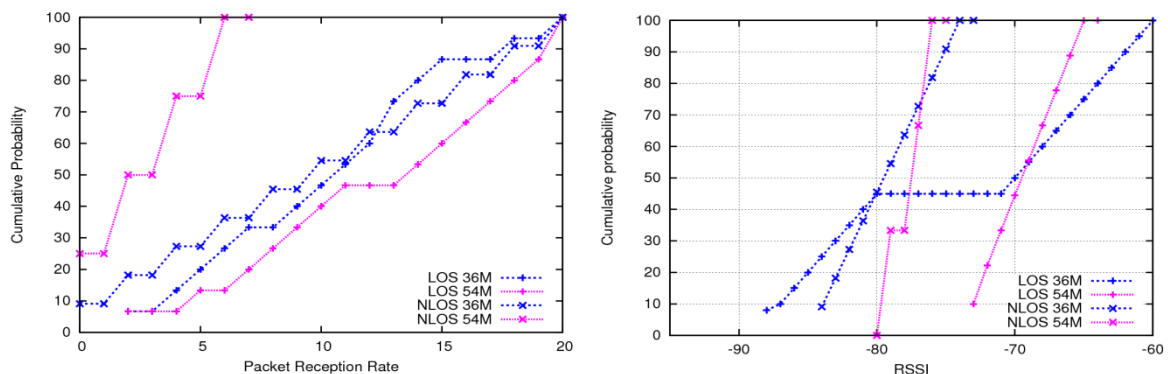
Figura 11: Ratio de pérdida de paquetes en relación a distancia LOS-NLOS



A continuación se muestra unas pruebas realizadas por SYNERG (SYstems and NETworks Research Group) en Agosto de 2010 respecto a recepción en recintos cerrados a diferentes distancias de ambos métodos.

Potencia de transmission: 0 dbm
 Velocidades desde 6, 24, 36, 48, 54 Mbps
 Distancias: 10m.

Figura 12: PRR y RSSI a distancia de 10 m



Se observa que a velocidades de 54 Mbps el sistema NLOS responde con más probabilidad de pérdida de paquetes y calidad de señal. En espacios abiertos, sin edificios inmediatos que obstruyan la señal y con estaciones base estratégicamente posicionadas, la tecnología LOS permitiría la transmisión del ancho de banda desde la estación central de una manera más íntegra y confiable.

A continuación ahondaremos en una de las decisiones más críticas que han marcado el proyecto y que por otro lado inciden más en la tecnología a utilizar.

2.1.2. BANDA LICENCIADA VS BANDA LIBRE

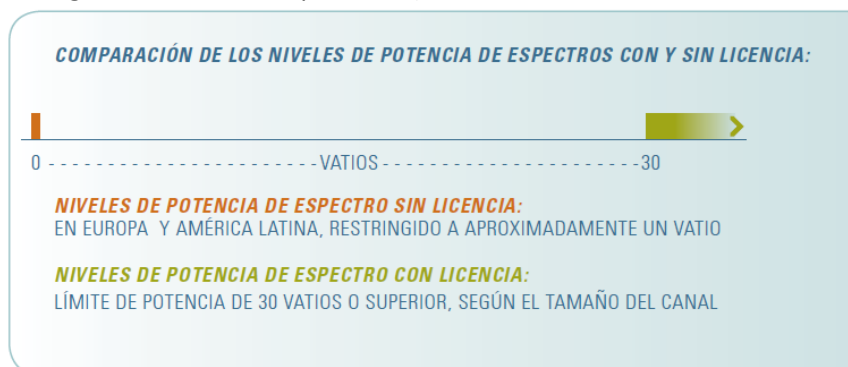
La tecnología Wimax es una de las alternativas con mayor potencial para acceso de banda ancha en medios rurales, como hemos indicado antes. Una vez decididos por la tecnología Wimax, debemos evaluar si trabajamos en la banda licenciada o en la banda libre. En los siguientes puntos se tratará de explicar más detalladamente las características principales de estas dos alternativas, para poder razonar la decisión escogida. Adicionalmente, se ha de analizar las implicaciones burocráticas y administrativas de escoger la banda licenciada.

2.1.3. BANDA LICENCIADA

El equipamiento de infraestructura (BS - Estación Base) en la banda de 3,5 GHz se suele caracterizar por los siguientes aspectos:

- Ofrecen la posibilidad de altas potencias de transmisión al disponer esta banda de una posibilidad de potencia de más de 30 Vátios. Esta mayor potencia de transmisión se consigue a cambio de un importante incremento en el coste del equipamiento debido a la etapa de potencia y el sistema de alimentación y disipación del equipo.

Figura 12: Límites de potencia (Fuente [http://www.motorola.com/web/Business\[...\].SPANISH%281%29.pdf](http://www.motorola.com/web/Business[...].SPANISH%281%29.pdf))



- El ancho de canal más empleado es el de 3,5 MHz. Mayores anchos de banda no son viables debido a la escasez de espectro y a la necesidad de reutilización de frecuencias, por lo que la mayor parte de las estaciones base sólo soportan ese ancho de banda.
- Las estaciones base pueden operar en modo Full -Duplex, lo que teóricamente duplica la capacidad, a cambio de un importante aumento de coste debido al uso de duplexores.

2.1.4. BANDA LIBRE

Para el caso de operar en banda libre (5475— 5725 MHz en Europa), las características del equipamiento se resumen a continuación:

- La potencia de transmisión suele ser baja (Según legislación Española $< 1W$), ya que está limitada por aspectos regulatorios, por lo que el equipamiento suele tener una arquitectura ligera en la que el coste se ha optimizado
- La gran disponibilidad de espectro (200 MHz) permite el uso de anchos de canal mayores, siendo 10 MHz el ancho de banda más empleado en contraposición de los 3,5 MHz de la banda licenciada.
- El método de duplexado es siempre TDD, lo que obliga a repartir el throughput disponible entre tráfico ascendente y descendente, pero permite establecer una asimetría en el tráfico ascendente/descendente que se adapte a la demanda concreta, lo que se traduce en un mayor aprovechamiento del espectro.

2.1.5. COMPARATIVA TÉCNICA

Tras lo expuesto en los puntos anteriores, se observa que la principal diferencia radica en la potencia y espectro disponible:

- Potencia (afecta al coste): Debido a la atenuación producida por el espacio libre en la señal, una potencia de emisión de 30 Vatios tendrá mayor alcance, y en 3,5 GHz se puede optar a equipamiento de alta potencia (alto coste).
- Espectro (no afecta al coste): Mayor disponibilidad de espectro implica mayor capacidad. La banda de libre de 5,6GHz permite anchos de banda de 10 MHz, mientras que en 3,5 GHz se limita a 3,5 MHz.

En caso de estudio, como se muestra a continuación es muy importante la elección entre una potencia >30 Vatios con canales de 3,5 MHz, o tener canales de 10 MHz con potencia <1 Vatio. Obviamente, una estación de alta potencia llega más lejos que una de baja potencia, y una estación con 10 MHz de canal permite mayor capacidad que una con canales de 3.5 MHz. Ante esta disyuntiva hay que analizar las particularidades del marco del proyecto para ver la viabilidad de uno u otro modelo.

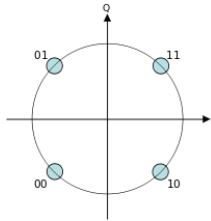
Existe un factor muy importante en la elección del canal y es el hecho de que Wimax permite emplear diferentes modulaciones en función de la calidad de la señal, de modo que si la calidad de la señal es buena se emplea una modulación que proporcione un alto throughput (64QAM-3/4), mientras que si la calidad de la señal es mala se recurre a modulaciones de bajo throughput como BPSK -1/2, cuya capacidad es nueve veces inferior a 64QAM- 3/4.

El SNR (Signal Noise Ratio) se define como el nivel de ruido de la línea y es la diferencia en potencia entre el nivel de la señal y el nivel de ruido en el punto de la medición. Se mide en decibelios. Conforme la SNR baja, las constelaciones de las diferentes modulaciones se degrada. Conforme la constelación se hace más compleja la degradación de los símbolos se hace más severa. Por este motivo para una correcta demodulación de los datos, será necesario adaptar la modulación al índice SNR requerido usando modulaciones menos complejas y transmitir más potencia a medida que utilizamos constelaciones de orden superior.

El siguiente ejemplo ejemplifica la relación entre un SNR lo más alto posible y la probabilidad de error en la transmisión de señales:

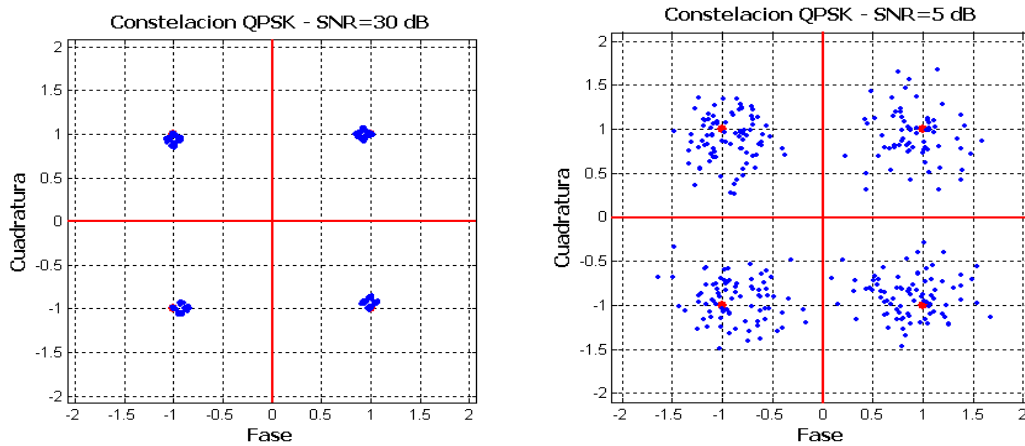
La modulación QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) está basada en una constelación cuaternaria y desfase simple de 90°.

Figura 16: QPSK



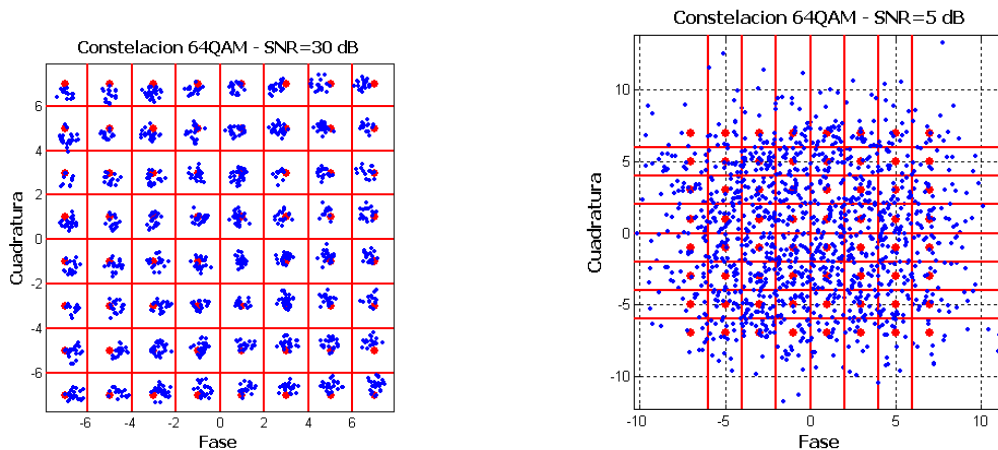
A continuación suponemos 2 SNR de señales de 5 dB y 30 dB (Siendo 30dB un nivel excelente de amplificación y 5dB mucho menos).

Figura 17: Comparativa entre SNR y probabilidad de error



Para una modulación compleja como es la 64QAM con una constelación de 64 fases u cuadraturas, se obtienen los siguientes resultados:

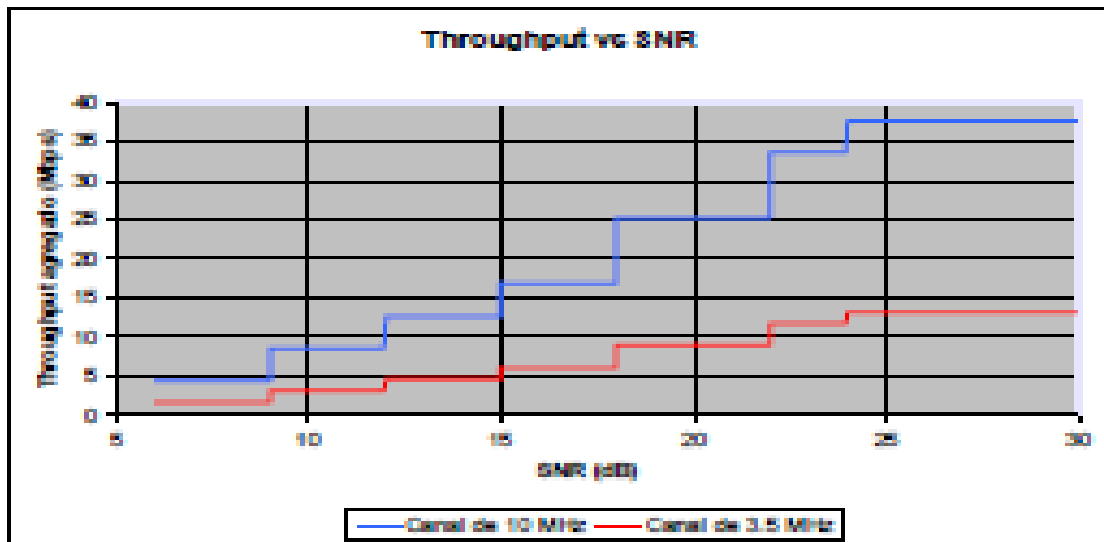
Figura 18: Relación SNR y modulación 64QAM.



Se observa la relevancia de conseguir un óptimo SNR para poder usar la mejor modulación posible. Sin embargo, el throughput no sólo depende de la modulación empleada, sino también del ancho de banda utilizado como se apuntaba al inicio de la sección.

Tal y como se muestra en la gráfica, el sistema con canal de 10 MHz (banda libre) permite una mayor capacidad para cualquier relación SNR que el sistema con canal de 3,5 MHz (banda licenciada). Este fenómeno tiene un importante impacto en el comportamiento de una red Wimax a la hora de comparar el producto throughput-distancia.

Figura 19: Relación SNR/Mbps



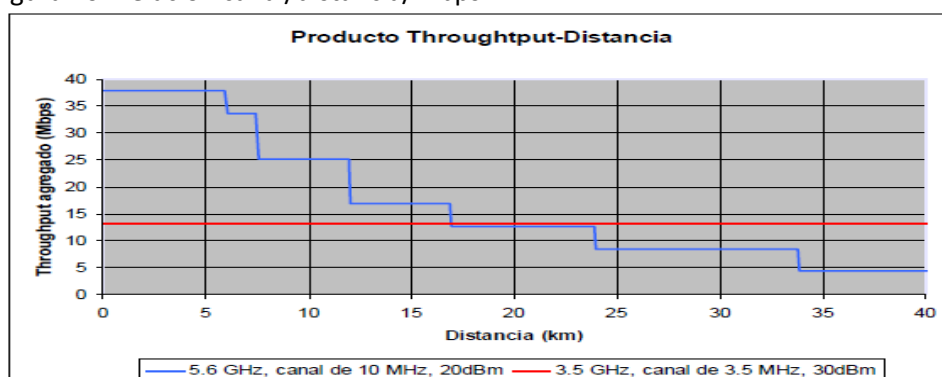
La propuesta debería siempre incluir canales de 10 Mhz que actualmente son los que se usan en el rango de banda libre (5 Ghz).

Por último hay que tener en cuenta que el proyecto propuesto consisten en un emisor/estación central con el ancho de banda contratado de aproximadamente 300 Mbps y distribuido en las siguientes estaciones base situadas a Norte-Sur-Este-Oeste y que darán cobertura de "última milla" a los usuarios finales.

En la siguiente ilustración se presenta el máximo throughput neto descendente (de estación base a estación de usuario) proporcionado por dos BS diferentes:

Estación Base en 3,5 GHz con ancho de canal 3,5 MHz y 1W de potencia
Estación Base en 5,6 GHz con ancho de canal 10 MHz y 0,1W de potencia

Figura 20: Relación canal/distancia/Mbps



Para cortas distancias, la calidad de la señal es lo suficientemente alta como para permitir el uso de la mejor modulación (64QAM-3/4) en ambos sistemas (BS en banda libre y BS de alta potencia en 3,5 GHz), por lo que el rendimiento del sistema en banda libre supera con creces al sistema en banda licenciada con un throughput que es prácticamente el triple.

Según crece la distancia de cobertura, el sistema en banda libre comienza a notar la degradación de la señal, mientras que el sistema en banda licenciada puede mantener la máxima modulación debido a su mayor potencia de transmisión. Sin embargo, el throughput del sistema en banda libre sigue siendo superior. Este fenómeno continúa hasta que el nivel de degradación de la señal se traduce en una relación SNR de alrededor de 12 dB (modulación QPSK-3/4), para la que un canal de 10 MHz es capaz de proporcionar el mismo throughput que un canal de 3,5 MHz con la máxima modulación (SNR>24 dB).

El paradigma en estudio plantea la señal de cobertura de hasta 5 Km que es la distancia a las 4 estaciones base. De modo que como se observa tenemos hasta 37,5 Mbps disponibles de rendimiento máximo con distancias de hasta 6 Km, que es el caso que se está tratando. Si calculamos $37,5 \text{ Mbps} * 4 \text{ EB (Norte-Sur-Este-Oeste)} + 2 \text{ EB central (Cobertura Municipal)} = 225 \text{ MBps}$.

Tras la comparativa realizada en el punto anterior, se concluye que si los usuarios se sitúan a distancias inferiores a 25 km, el rendimiento del sistema en banda libre es superior. Para distancias superiores el sistema en banda licenciada presenta un mejor rendimiento. Siendo el caso del proyecto destinado a dar cobertura a un radio < 5 km el sistema en banda libre proporcionará una capacidad a cada usuario muy superior que el sistema en banda licenciada.

2.1.6. LICENCIA DE OPERACIÓN EN BANDA LICENCIADA

Otra de las razones por las que orientar el planteamiento del proyecto a la banda de los 5 Ghz y no a la licenciada de 3,5 Ghz es el hecho de que aparte de registrarnos en la CMT hemos de solicitar la licencia de operación en espectro al ministerio de industria. En estos momentos la banda del espectro de 3.5 Ghz fue asignada a cuatro operadores de tecnología LMDS, Iberbanda, Clearwire, Neo-Sky y Retevisión, y en ella estos operadores pueden prestar servicios Wimax. Así, aunque existen muchos equipos Wimax que operan en esta banda solo se pueden explotar por empresas que posean la licencia administrativa. Las licencias las asigna el gobierno y de momento no es previsible la concesión de nuevas licencias dado que se está a la espera de la nueva regulación que estamentos europeos y mundiales de las telecomunicaciones deben definir en lo sucesivo. Por eso en estos momentos no hay forma de acceder a esta banda, aunque no se descarta la asignación de nuevas licencias cuando se reordene el espacio radioeléctrico. Sin embargo, y por el momento la factibilidad es muy baja.

Por otro lado existe un nivel razonable de armonización global para Wimax en la banda 5 Ghz, donde se espera proliferen los sistemas Wimax. Y de hecho en este sentido este proyecto va enfocado.

2.2. CAPA FÍSICA Y PROTOCOLOS

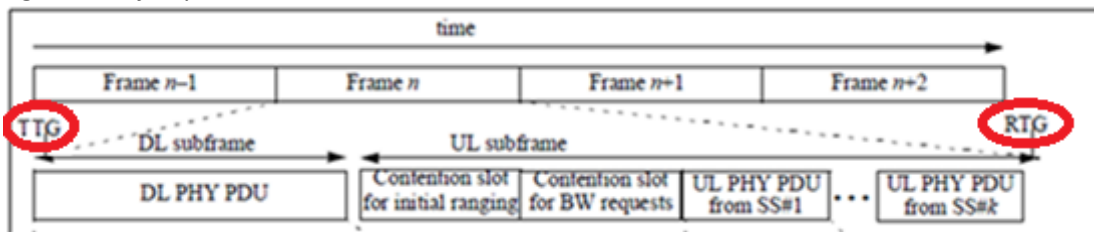
2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA TRAMA Wimax

Esta sección describe la estructura de la trama Wimax en el caso de Wireless MAN-OFDM con TDD. Comprender la estructura de la trama y la longitud de cada campo es importante para poder calcular los bits de datos que se pueden encapsular en cada tiempo de trama. De este dato depende la capacidad de transmisión y recepción del sistema.

Para comprender la estructura de la trama Wimax es necesario conocer el concepto de ráfaga (burst). Una ráfaga es un conjunto de símbolos consecutivos asignados a un usuario, todos ellos con la misma modulación y codificación. El hecho de que cada ráfaga pueda tener diferente modulación permite asignar modulaciones distintas a usuarios con distinta SNR. De este modo los usuarios con mejor SNR pueden aprovechar todo el ancho de banda binario que la modulación OFDM pueda ofrecer. La longitud de las ráfagas asignadas a cada usuario puede ser distinta. Además cada ráfaga de uplink o downlink se caracteriza por una serie de parámetros que se recogen en el perfil de ráfaga (burst profile) y que proporcionan información específica de cada capa PHY, como el tipo de modulación, el tipo de preámbulo o los tiempos de guarda. Esta información es generada por la BS, y es diferente para el uplink y el downlink, y para cada SS.

Así, en la estructura general de una trama Wimax con TDD se distinguen dos subtramas: una para downlink y otra para uplink. Estas dos subtramas serán explicadas con detalle en los siguientes apartados.

Figura 21: Ejemplo de trama Wimax



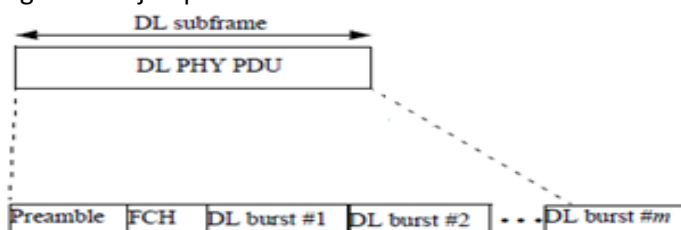
Entre la subtrama de downlink y la subtrama de uplink existe un intervalo de tiempo en el que no se transmite ni recibe para permitir que las SS pasen de recepción a transmisión. Este intervalo de tiempo se denomina salto de transición recepción/transmisión (Receive/Transmit Transition Gap o RTG). Del mismo modo entre la trama de uplink y la de downlink existe un salto de transición de transmisión a recepción (Transmit /Receive Transition Gap o TTG). Según el estándar la duración de estos saltos debe superar los 5µseg y no debe exceder los 100µseg.

2.2.2. SUBTRAMA DOWNLINK

La subtrama downlink se compone de una única PDU (Protocol Data Unit) de nivel físico (DL PHY PDU). Tal como se observa en la Figura ejemplo de trama Wimax, la trama DL PHY PDU se compone de:

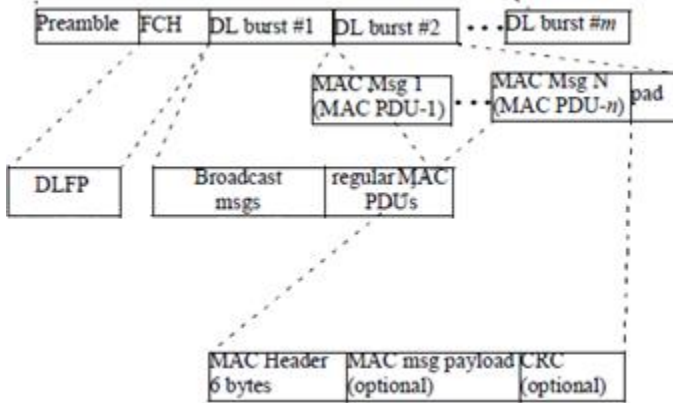
- Un preámbulo, que se compone de dos símbolos OFDM y se utiliza para sincronización a nivel físico.
- Un campo FCH (Frame Control Header) que tiene la duración de un símbolo OFDM y contiene el DLFP (Downlink Frame Prefix). El DLFP especifica el burst profile y la longitud de uno o varias ráfagas transmitidas inmediatamente después del FCH.

Figura 22: Ejemplo de trama DL subframe



Además de mensajes de broadcast, las ráfagas pueden transportar PDUs de la capa MAC (MAC PDU) que se componen de una cabecera de 6 bytes, y los campos opcionales de datos (payload) y de CRC (Cyclic Redundancy Check).

Figura 23: Esquema de la composición del campo FCH y ráfaga downlink .



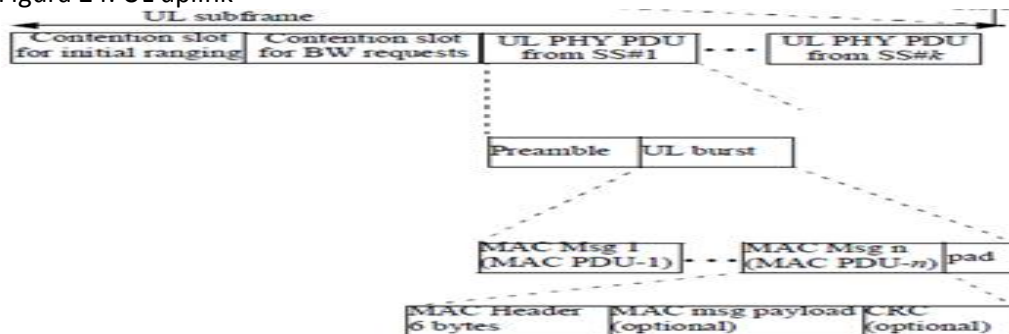
En Wimax PtM la BS es la encargada de recoger toda la información sobre el estado del canal, y en función de esta información seleccionar los parámetros de la comunicación adecuados (modulación, potencias de transmisión, etc). Como ya se ha explicado esta información se conoce como burst profile, y se envía dentro de unos mensajes llamados descriptores de canal. El descriptor de canal en el DL es el DCD (Downlink Channel Descriptor) y en el UL es el UCD (Uplink Channel Descriptor).

2.2.3. SUBTRAMA UPLINK

La subtrama de uplink contiene un intervalo de contienda para los mensajes de Initial Ranging y otro para los mensajes de Bandwidth Request. Los mensajes de Initial Ranging se envían cuando un SS quiere registrarse en la BS o cuando pierde el sincronismo con la BS. Estos mensajes se envían en un intervalo durante el cual el acceso se realiza por contienda, y que se caracteriza por usar dos símbolos con la modulación más robusta. Los mensajes de Bandwidth Request son enviados por las SS para solicitar un intervalo de transmisión de datos. Este intervalo para envío de datos se conoce como oportunidad de transmisión (Transmission Opportunity o TO). Los mensajes de Bandwidth Request deben contener un preámbulo de un símbolo de duración seguido de un símbolo OFDM transmitido con la modulación más robusta.

Además esta subtrama puede incluir uno o varios UL PHY PDUs (Uplink Protocol Data Unit), cada uno transmitido por un SS diferente. Dentro de cada UL PHY PDU se transmitirá un símbolo de preámbulo y una ráfaga formada por una o varias MAC PDUs, tal y como muestra el esquema de la figura siguiente:

Figura 24: UL uplink



Con esta descripción detallada se puede determinar la fiabilidad y posibilidades de adaptación del estándar Wimax a nivel protocolario a las necesidades del proyecto, dado que la estructura de las tramas revela adaptabilidad y control de la comunicación que garantiza el QoS.

A continuación es importante analizar las características físicas dado que existen retos evidentes.

2.2.4. CAPA FÍSICA WIMAX

La capa física de Wimax se basa en la multiplexación por división ortogonal en frecuencia (OFDM). OFDM es un esquema de transmisión que permite la transmisión de datos de alta velocidad, video, y comunicaciones multimedia. Este esquema de transmisión es utilizado por muchos sistemas comerciales, tales como DSL, WiFi, DVB-H. OFDM es un esquema eficiente para transmisión de elevadas tasas de datos en entornos sin visión directa y con distorsión multitrayecto.

OFDM pertenece a una familia de esquemas de transmisión llamada modulación multiportadora, el cual se basa en la idea de dividir un determinado flujo de datos en varios flujos y modular cada flujo con portadoras distintas (llamadas subportadoras). Los esquemas de modulación multiportadora minimizan la interferencia intersímbolo (ISI) haciendo que la duración en el tiempo del símbolo transmitido sea lo suficientemente larga como para que el retraso introducido por el canal sea una insignificante fracción de la duración del símbolo.

La nueva versión de esta multiplexación es la destinada a las versiones móviles de Wimax conocida como OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) y es la versión multiusuario de OFDM, aunque no es objeto de esta sección analizar esta combinación de canales.

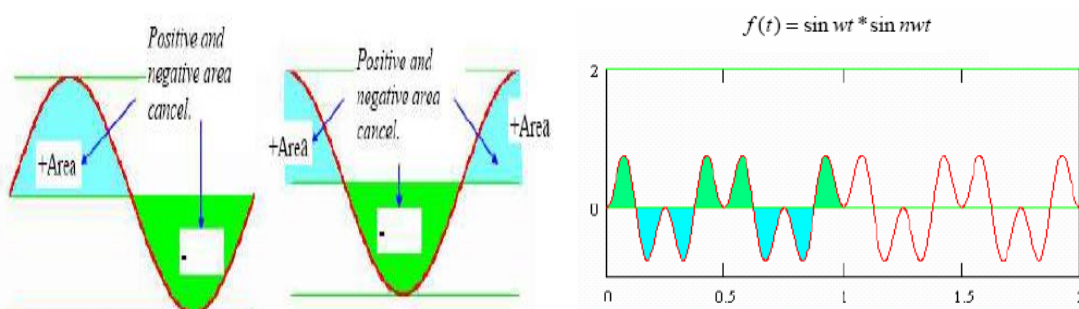
2.2.5. OFDM

La capa física 802.16 emplea OFDM que es una combinación de modulación y multiplexación. consiste en dividir el espectro en varios sub-canales o subportadoras (N). Se dispone de una secuencia de símbolos compleja a transmitir $\alpha[n] = \alpha\text{Re}[n] + j\alpha\text{Im}[n]$, previamente codificada mediante una constelación adaptativa que se modulan con BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM. La secuencia se subdivide a su vez en tramas de N símbolos, de tal modo que cada símbolo de una trama se transmite por una sub-portadora distinta. OFDM utiliza generalmente 256 subportadoras, de las que solo se emplean 200 (192 para datos y 8 pilotos). La separación entre subportadoras de 45kHz. La señal ocupa un ancho de banda total de 9 MHz.

Estos datos son claves para el cálculo del throughput disponible de las BS y las estaciones receptoras.

La ortogonalidad es el principio en el que se basa OFDM para utilizar la subportadoras como base de la transmisión. Si usamos como portadoras una señal senoidal, el área de un período es cero ya que la parte positiva de la señal se cancela con la negativa, como se observa a continuación:

Figura 25: (a) Señales senoidales de área nula, (b) El producto señal seno por un armónico es cero



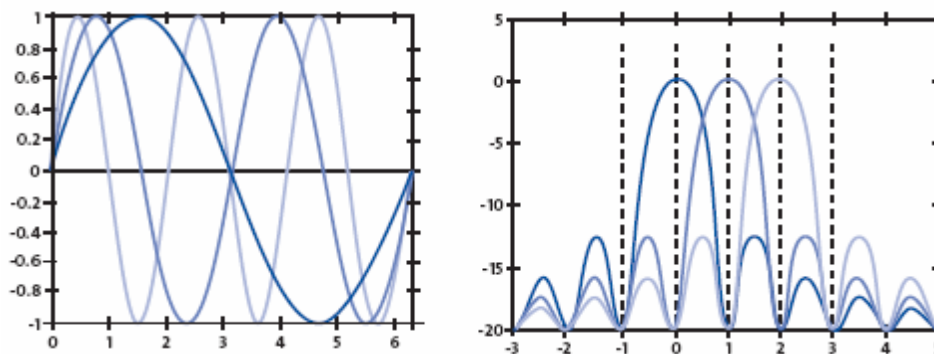
La ortogonalidad se demostraría matemáticamente con la siguiente integral:

Figura 26: Multiplicación de señales ortogonales equivale a 0.

$$\begin{aligned}
 \int_a^b f_m(x)f_n(x)dx &= \int_{-1}^1 f_1(x)f_2(x)dx \\
 &= \int_{-1}^1 x\left(x^2 - \frac{1}{3}\right)dx \\
 &= \int_{-1}^1 \left(x^3 - \frac{x}{3}\right)dx \\
 &= \left[\frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{6}\right]_{-1}^1 \\
 &= \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6}\right) - \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6}\right) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Será necesario un “espaciamiento adecuado” entre portadoras o espaciamiento óptimo entre subportadoras. Este espaciamiento consiste en que la separación espectral entre portadoras consecutivas que es siempre la misma e igual al inverso del periodo de símbolo. Viendo una señal OFDM en el tiempo se aprecia que en el periodo de la portadora más baja caben varios periodos de las otras portadoras, alineadas todas en fase, mientras que en la representación espectral el máximo de cada portadora coincide con un nulo de las demás.

Figura 27: Representación temporal y frecuencial de la señal OFDM

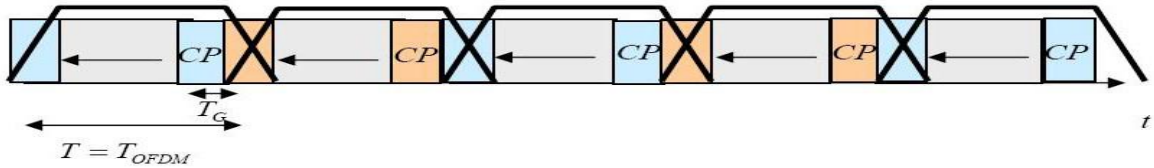


Finalmente, una vez determinada la idoneidad de las subportadoras por el principio de la ortogonalidad existen dos conceptos muy importantes que contribuyen al modelo de transmisión OFDM:

- 1) Concepto del intervalo de guarda y del prefijo cíclico.

Una de las mayores ventajas de OFDM es su eficiencia atajando los efectos que produce el canal multitrayecto. En la mayoría de aplicaciones de OFDM, se inserta un intervalo de guarda entre los símbolos OFDM para prevenir las interferencias intersímbolo (ISI), que posteriormente será eliminado en recepción. Este intervalo de guarda se elige con duración mayor que el máximo retardo de entre todos los recibidos del mismo símbolo, de forma que las componentes debidas al retardo de un símbolo no interfieran en el siguiente. Consiste normalmente en una ristra de ceros.

Figura 28: Tiempo de guarda para prevenir interferencias intersimbolo.



2) La transformada rápida de Fourier.

La transformada de Fourier agiliza los cálculos del tratamiento de la señal. Una señal OFDM se puede definir matemáticamente como:

$$c(t) = \sum_{n=0}^{N-1} s_n(t) \sin(2\pi f_n t)$$

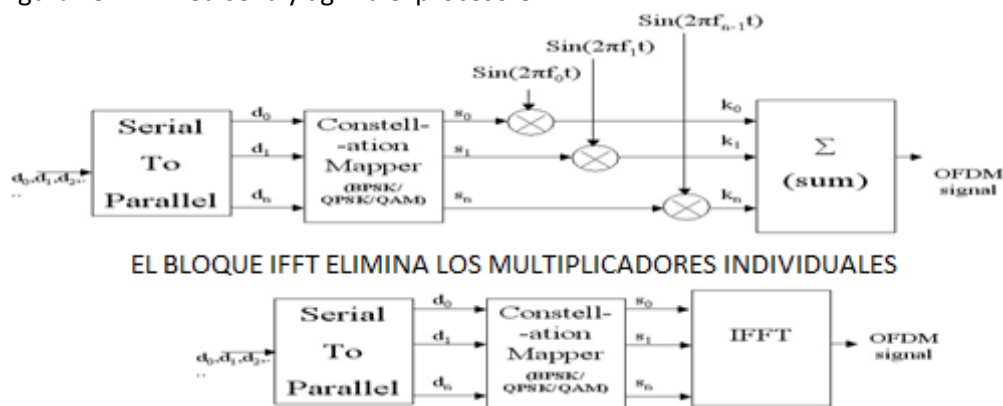
Siendo $s_n(t)$ = los símbolos mapeados según la modulación (BPSK, QPSK, QAM...) y f_n = frecuencia ortogonal.

Esta fórmula se puede pensar como un proceso IFFT. La transformada de Fourier rompe la señal en diferentes secciones al multiplicar la señal por una serie de senos.

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)$$

El resultado es una traducción de la señal de dominio temporal a frecuencial. Por tanto usando la IFFT pasamos de un sistema que necesita sinusoidales convertidores a uno mucho más rápido.

Figura 29: IFFT rediseña y agiliza el proceso OFDM



Por tanto se derivan muchas ventajas de esta modulación/multiplexación, una de las principales es la robustez frente a las diferencias de retardo. Adicionalmente, se pueden evitar la ISI usando un prefijo cíclico de longitud igual o mayor que el máximo rango de retardo de canal. El prefijo cíclico hace que la convolución lineal de la respuesta de impulso del canal y la señal, se transforme en una convolución cíclica. Además de lo anterior, el multiplexado OFDM tiene otras ventajas, 1) Por emplear diversidad de frecuencia, está más protegido frente la interferencia de banda estrecha (ruido de impulso). 2) En un canal que varíe poco a lo largo del tiempo ya que se puede tener una modulación adaptativa según sea la relación señal-ruido de una subportadora concreta. 3) Se puede emplear en redes isofrecuenciales (que implica una retransmisión en en las mismas frecuencias que se reciben): el emisor principal y los repetidores pueden emplear las mismas portadoras, y dado que en algunas zonas se puede tener diversidad de espacio parece una técnica interesante para difusión digital.

Finalmente hay tres importantes razones por las que OFDM es plantea como un sistema indicado:

- Bajo coste y simplicidad
- Tolerancia ante el multitrayecto (intervalo de guarda)
- Tolerancia ante el desvanecimiento selectivo en frecuencia (fading)

2.3. ANTENAS E INFRAESTRUCTURA NECESARIA

Para el diseño de una red Wimax existen diferentes dispositivos necesarios. Por un lado están los procesadores de la información, que se encargan de filtrar, recomponer y preparar las tramas recibidas o a emitir, y por otro lado tenemos los elementos que se encargan de transmisión por el canal. El canal disponible para el proyecto no es un cable de cobre ni óptico sino el espacio libre. Por tanto el esquema de transmisión consta de dos elementos fundamentales:

- 1) Antena emisora: Convierte señales eléctricas variables en ondas electromagnéticas y las emite, es decir, las radia.
- 2) Antena receptora: Hace lo contrario: convierte las ondas electromagnéticas que recibe en señales eléctricas variables.

La transmisión de estas ondas desde la antena emisora hasta la antena receptora se puede hacer por dos caminos:

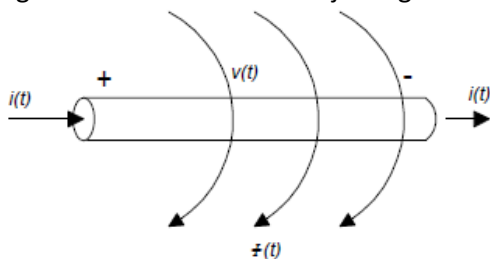
- a) Directamente desde la antena emisora hasta la antena receptora.
- b) De la antena emisora hacia la ionosfera, que refleja esas ondas a la Tierra donde las recibe la antena receptora.

El caso de estudio implica, como vimos en secciones anteriores el camino directo por LOS.

En general el principio de una antena se basa en el hecho de que todo conductor por el que circula corriente alterna radia potencia en forma de ondas electromagnéticas y el modelo circuital que toma en cuenta este efecto, es una resistencia ficticia que se incluye en el circuito y que disipa la misma potencia que es radiada. Se la llama resistencia de radiación.

Si se supone un alambre conductor por el que circula una corriente senoidal $i(t) = I \cdot \sin(\omega t)$, mientras su longitud sea tal que se pueda considerar la fase de $i(t)$ constante se puede simular el modelo eléctrico como una impedancia compleja $Z = R_p + j \cdot X_L$, donde R_p representa la resistencia del alambre que dependerá de su conductividad y que se opone a la circulación de la corriente $i(t)$ y X_L , su reactancia inductiva, que aparece como una consecuencia de la creación por parte de $i(t)$, de un flujo magnético $\Phi(t)$, concatenado con el alambre que genera una tensión $v_L(t)$ opuesta.

Figura 30: Generación de flujo magnético en base a intensidad constante



La tensión desarrollada sobre el alambre por la corriente $i(t)$ será:

$$v(t) = i(t) \cdot R_p + v_L(t) = I \cdot R_p \cdot \sin(\omega t) + I \cdot X_L \cdot \cos(\omega t)$$

Teniendo en cuenta que $\varphi \neq 0$, la tensión sobre el alambre será:

$$v(t) = I \cdot (R_p + R_{rad}) \cdot \sin(\omega t) + I \cdot X' \cdot \cos(\omega t)$$

Con esta fórmula se indica que, por efecto del retardo entre $v_L(t)$ e $i(t)$ existe un aumento de la resistencia del alambre. Este aumento se manifiesta únicamente en corriente alterna y crece con la frecuencia. La potencia que se disipa en R_p ($I^2 \cdot R_p$) representa la pérdida por calor al circular por el alambre la corriente $i(t)$ mientras la potencia disipada en R_{rad} ($I^2 \cdot R_{rad}$), representa potencia radiada (transferida al espacio libre) por el alambre en forma de ondas electromagnéticas (OEM).

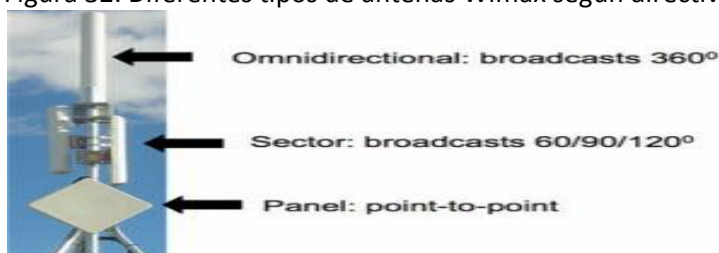
Las antenas se clasifican en base a muchas características como son la densidad de potencia radiada, directividad, ganancia, polarización, impedancia, adaptación, área y longitud efectivas. Generalmente parámetros como la ganancia, polarización y demás vienen proporcionadas por el fabricante y se mueven en valores generales de mercado. El proyecto Wimax para Campillo de Llerena no requiere de análisis específico en este sentido, de modo que para el caso se caracterizará la antena por su directividad.

Figura 31: Diferentes tipos de antenas.



En el caso de estudio se estudiarán los tipos Omnidireccional, Direccional-Sectorial y Direccional-Panel.

Figura 32: Diferentes tipos de antenas Wimax según directividad



2.3.1. ANTENAS OMNIDIRECCIONALES

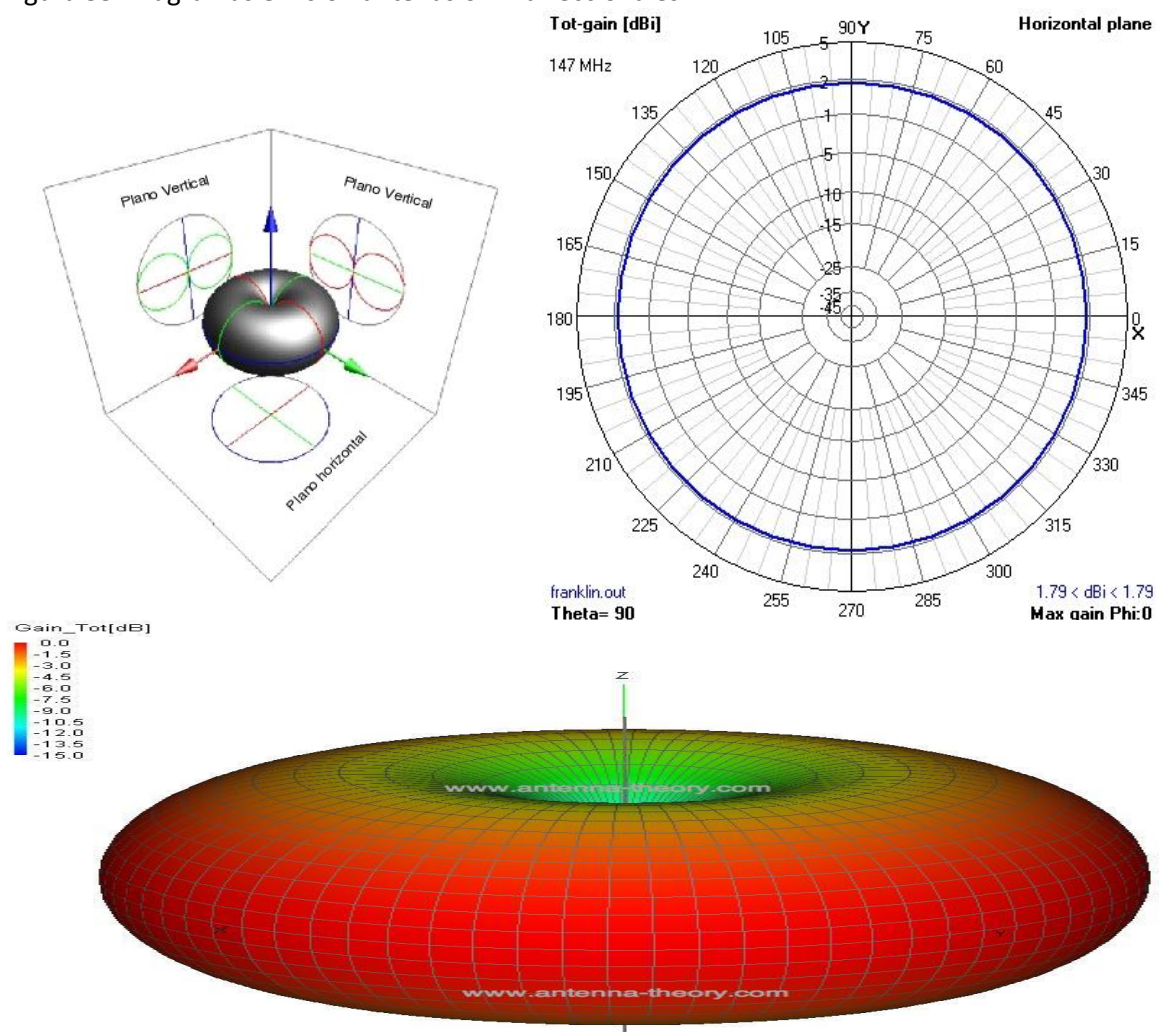
Las antenas omnidireccionales radian energía en todas direcciones del espacio por igual y no tienen direcciones privilegiadas. Si se considera que el medio en el que la antena radia la energía es homogéneo e infinito (sin discontinuidades), el frente de ondas que se propaga a partir de su radiación es esférico. Este tipo de antenas se conocen como ideales, ya que en la práctica es imposible conseguir una perfecta isotropía en la emisión.

El coeficiente de densidad de potencia de una antena omnidireccional es el cociente entre la Potencia radiada por ángulo sólido (ángulo espacial que abarca un objeto visto desde un punto dado, que se corresponde con la zona del espacio limitada por una superficie cónica). La directividad D de una antena se expresa de la siguiente forma:

$$D = \frac{\delta P(\theta, \varphi, r)}{\frac{P_r}{4\pi r^2}}$$

Donde $\delta P(\theta, \varphi, r)$ es la densidad de potencia media a una cierta distancia r en una dirección definida por los ángulos θ y φ , y $(P_r/4\pi r^2)$ es la potencia emitida por la antena isotrópica por ángulo sólido.

Figura 33: Diagramas emisión antenas omnidireccionales.

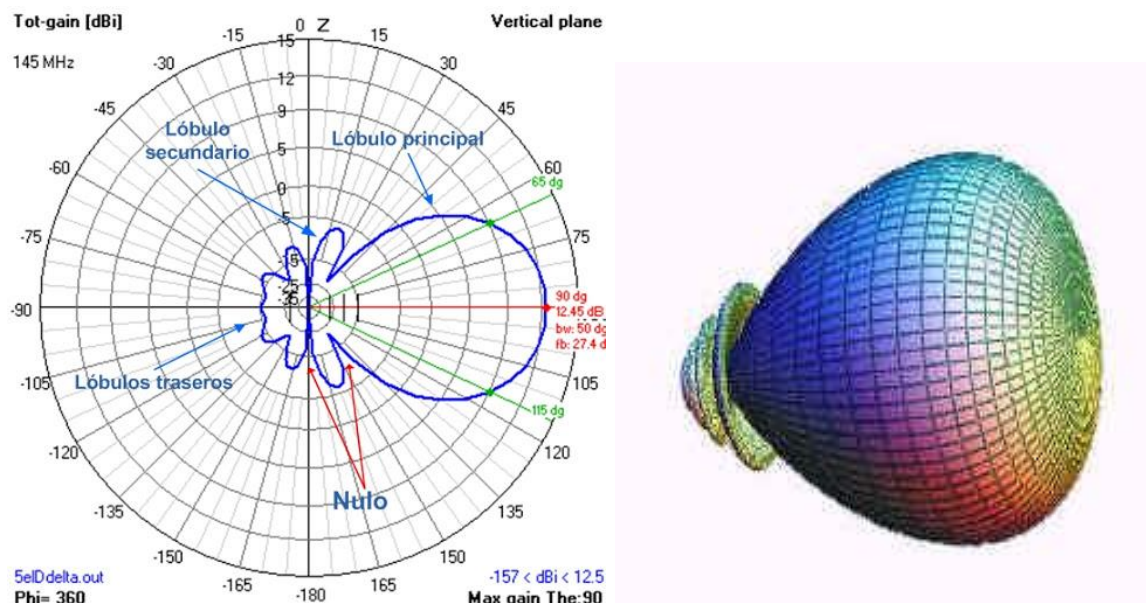


Antenas Omnidireccionales son buenas para situaciones donde hay una gran cantidad de suscriptores ubicados muy cerca de la estación base y los abonados se concentran en un área pequeña. Esta antenas se para distribuir señales en las áreas rurales en las que hemos instalado las estaciones base.

2.3.2. ANTENAS DIRECCIONALES-SECTORIALES

Una antena de sector o direccional aunque no son exactamente iguales se caracterizan por enfocar el haz en un área más concentrada, ofrece un mayor alcance y rendimiento con menos energía. Muchos operadores se utilizan antenas de sector para cubrir un área de servicio 360-grado en lugar de utilizar una antena omnidireccional debido al superior desempeño de antenas de sector de más que el de una antena omnidireccional.

Figura 34: Diagramas emisión antenas direccionales.



Se utiliza en el caso de estudio este tipo de antena para proporcionar ancho de banda a las estaciones base desde la estación central.

Para realizar los cálculos de directividad utilizamos una fórmula similar a la descrita para antena isotrópica y se sustituye la intensidad de radiación de la antena isotrópica por su valor: $P_{rad}/4\pi$.

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_{isotropia}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{rad}} = 4\pi I^2 \frac{\langle S(r, \theta, \phi) \rangle}{P_{rad}}$$

2.3.3. ANTENAS DIRECCIONALES-PANEL

Las antenas microcinta o planas son solo eso, configuradas en un formato tipo parche y físicamente en la forma de un cuadrado o rectángulo. Estas son bastante direccionales ya que tienen la mayoría de su potencia radiada en una dirección tanto en el plano horizontal como en el vertical. Podemos ver el patrón de elevación. Como se muestra en la figura 34 (a) y el patrón de azimut en la figura 34(b), en torno a la directividad de la antena panel. Las antenas de panel se pueden hacer para tener cantidades variables de ganancia basándose en su construcción, esto puede proporcionar excelente directividad y una ganancia considerable.

Figura 35: (a) Patrón de elevación de alta ganancia (b) Patrón de Azimut de alta ganancia

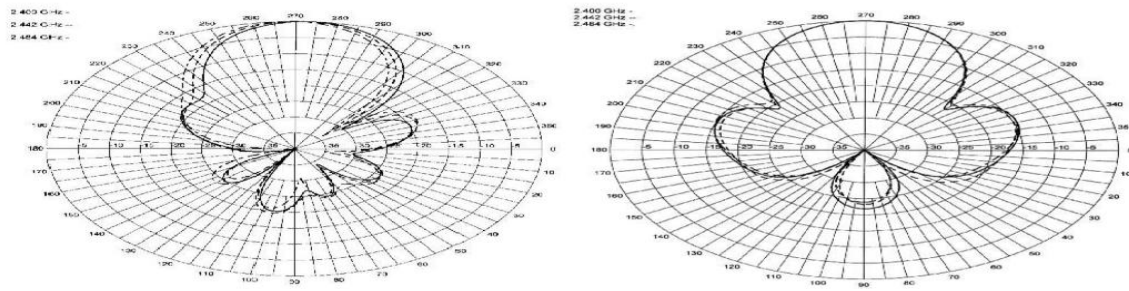
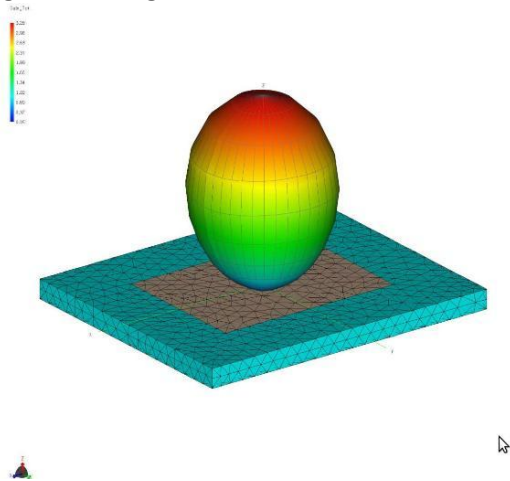


Figura 36: Diagrama de directividad de antena panel 3D



Existen muchas ventajas de las antenas panel con respecto a las antenas de microondas convencionales:

- Peso ligero dado que vamos a usar mástiles es un factor determinante.
- Bajo costo de fabricación.
- Con una simple alimentación son posibles las polarizaciones lineal y circular.
- Es posible realizar antenas con doble polarización y doble frecuencia.
- No requiere cavidad de respaldo.
- Puede ser fácilmente integrada con circuitos integrados para microondas.
- El punto de alimentación y las redes de acoplamiento pueden ser fabricadas simultáneamente con la estructura de la antena.

2.3.4. ESTACIONES DE ABONADO FINAL

El término técnico para los equipos del cliente (Customer Premises Equipment) es la de estación de abonado. Estos elementos tienen como objeto originar, encaminar o terminar una comunicación. El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo datos, voz, video y un host de aplicaciones multimedia interactivos. Los CPE se componen de una parte exterior o outdoor y una interna o indoor.

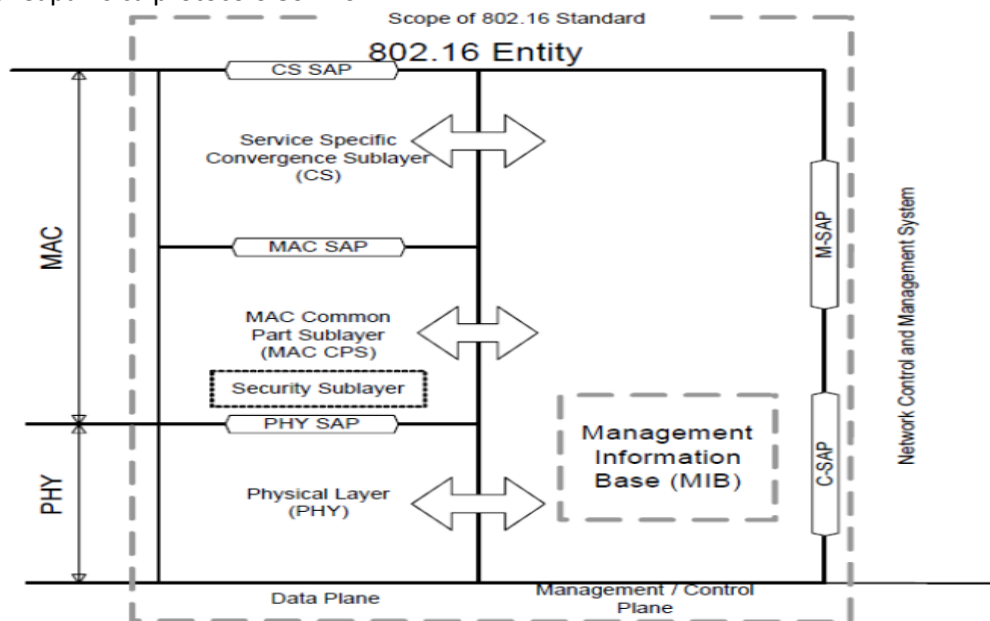
La recepción final la realiza el CPE que suele tener como características las de poder trabajar con protocolos Wimax y otros como Access Point WiFi 802.11 b/g. Adicionalmente su estructura suele ser de plástico y es de sencilla y rápida instalación. Una vez disponemos de la señal, el CPE indoor se encarga de gestionar la señal para poder proporcionar los servicios contratados, desde voz a datos. Además no requiere obra ni instalación de antena en el exterior y es de fácil instalación.

3. CAPA CONTROL ACCESO AL MEDIO Y QoS

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El estándar 802.16 está concebido como un protocolo de área metropolitana (MAN). Wimax define la capa física (PHY) y sobre todo se centra en especificar la capa de control de acceso al medio o MAC (Medium Access Control). La importancia de la capa MAC reside en que permite proporcionar y garantizar distintas calidades de servicio o QoS (Quality Of Service) según los requerimientos de los servicios ofrecidos por el operador. Esta capa está orientada a conexión y la provisión de QoS se realiza a través de un mecanismo denominado Grant/Request, donde las SS solicitan el ancho de banda que necesitan (Request) para cada conexión y la BS asigna los recursos a cada SS (Grant) en función del ancho de banda disponible y las características de QoS de cada conexión.

Figura 36: Capa física protocolo 802.16



Una red IEEE 802.16-2004 está compuesta por dos tipos de dispositivos: estaciones subscriptoras o SS (Subscriber Station) y estaciones base o BS (Base Station). Aunque todas implementan la capa MAC y la capa PHY, el estándar define funciones específicas para cada una de ellas.

La comunicación entre las estaciones subscriptoras y la estación base es bidireccional, y la duplexación entre uplink y downlink puede realizarse en frecuencia (Frequency Division Multiplexing o FDD) o en tiempo (Time Division Multiplexing o TDD). Cuando se trabaja en banda libre el método de duplexación especificado en el estándar es TDD.

La sección se centrará en la capa MAC que opera a nivel 2 en la estructura OSI. Esta define el direccionamiento físico, la topología de la red, el acceso al medio, la detección de errores, la distribución ordenada de tramas y del control del flujo. En secciones previas hemos definido PHY que se encarga de la gestión a nivel físico de los segmentos que se encapsulan en la capa de enlace de datos, al estudiar con detenimiento la multiplexación OFDM.

3.2 ESTACIÓN BASE

La estación base es la encargada de controlar la comunicación y gestionar los parámetros que permiten establecer la comunicación y garantizar las distintas calidades de servicio. En primer lugar debe proporcionar a las estaciones subscriptoras los parámetros básicos para permitir la comunicación como son el tiempo de trama, la potencia de transmisión, y el sincronismo. También es la encargada de identificar a las estaciones subscriptoras y permitir el acceso sólo a aquellas autorizadas.

Una vez que una estación subscriptora se ha autenticado correctamente, la estación base debe clasificar el tráfico que proviene de esa estación subscriptora y asignarle recursos para que pueda proporcionar los servicios con la QoS que tiene configurada. Para ello debe considerar los parámetros configurados en el sistema de gestión y las solicitudes de ancho de banda enviadas por la SS.

La BS realiza una planificación detallada del momento en el que transmite cada sistema dentro de la red, sincronizando todas las estaciones para evitar tanto los silencios como las colisiones.

3.3. ESTACIONES SUBSCRIPTORAS

Las estaciones subscriptoras no pueden comunicarse directamente entre ellas, sino que deberán conectarse a través de la BS en una topología de estrella. Cada SS debe sincronizarse con la BS, ajustar su potencia de transmisión siguiendo las indicaciones de la BS y obtener los parámetros de la capa MAC. Cuando tenga que transmitir información deberá enviar las solicitudes de ancho de banda correspondientes teniendo en cuenta los perfiles de conexión y tráfico. Una vez que la BS le ha asignado un determinado ancho de banda, la SS debe organizar la transmisión teniendo en cuenta la demanda de tráfico.

La SS sólo podrá transmitir dentro de los intervalos de transmisión o slots asignados por la BS, o cuando tenga información de control que pueda enviarse dentro de los slots temporales de acceso por contienda. Estos slots están reservados para mensajes con funciones como iniciar la conexión (Initial Ranging) o solicitud de ancho de banda (Bandwidth Request o BW-Req) entre otros.

3.4. LA CAPA MAC

La principal tarea de la capa MAC de Wimax es la de proporcionar una interfaz entre la capa de transporte y la capa física. La capa MAC toma los paquetes de la capa inmediatamente superior, paquetes denominados MAC Service Data Units (MSDUs), y los organiza dentro de los paquetes denominados MAC Protocol Data Units (MPDUs) para transmitirlos por el aire. Para la recepción la capa MAC hace lo mismo pero en orden inverso.

Esta es la otra capa característica del protocolo IEEE 802.16, fue diseñado para accesos a las aplicaciones PMP (Punto a MultiPunto) de banda ancha de muy alta tasa de datos y con una variedad de requisitos de calidad de servicios (QoS), por lo que está orientado a conexión.

Permite que el mismo terminal sea compartido por múltiples usuarios. Lo que hace flexible a este sistema es que maneja algoritmos que permiten que cientos de usuarios finales puedan tener distintos requisitos de ancho de banda y de retardo. Esta capa también se encarga de manejar la necesidad de tener una tasa de bits alta, tanto para el enlace ascendente (hacia la BS) como para el enlace descendente (desde la BS).

Un detalle muy importante sobre esta capa es que es escalable ya que el estándar define una subcapa MAC común (CPS) que puede ser empleada con diversas capas físicas tanto existentes como

futuras, lo que la hace flexible y extensible. Esta subcapa se encarga de las funciones básicas del sistema de acceso que son independientes del nivel de convergencia (CS). Estas funciones son la asignación del ancho de banda, y establecimiento y mantenimiento de las conexiones. Además también soporta distintos tipos de configuraciones tanto fijas como móviles, y dos topologías de red: punto-punto (Point-to-Point o PtP) o punto-multipunto. Las subcapas de convergencia se definen para que la subcapa CPS sea independiente del tipo de tráfico cursado, de modo que soporte varios protocolos en la capa superior como ATM (Asynchronous Transfer Mode), IP (Internet Protocol) o Ethernet. Esto se consigue definiendo una subcapa de convergencia para cada protocolo y un interfaz con la subcapa CPS común a todas ellas.

Por su parte la subcapa de seguridad es la encargada de realizar funciones de encriptación, desencriptación, autenticación e intercambio seguro de claves.

Las características de la capa MAC son la principal ventaja de este estándar ya que está diseñada para extraer las máximas prestaciones del canal. Frente a otras tecnologías que emplean una capa MAC estadística con acceso al medio por contienda (CSMA/CD) y transmisión por ráfagas, el estándar 802.16 define una capa MAC determinista que emplea tramas predefinidas y está libre de contienda.

La BS tiene acceso a la información sobre el tipo de servicio y los parámetros de QoS de cada flujo. Esta información permite a la BS estimar el throughput y la latencia requerida por los flujos de UL. Con estos datos la BS debe realizar una planificación adicional para garantizar un intervalo de transmisión a los flujos de UL, o bien para proporcionar a las SS oportunidades de solicitar ancho de banda mediante un Request, dependiendo siempre de la clase de servicio del flujo. Estas oportunidades para enviar un Request se denominan polls, y pueden ser individuales (unicast) o para un grupo de SS (multicast). En este segundo caso las SS competirán por acceder al medio mediante mecanismos de contienda.

La capa MAC que se encarga de coordinar el acceso al medio está compuesta de 3 subcapas como se mostraba en la figura 36:

1. Subcapa MAC de convergencia (CS): Se encarga de transformar los datos de las redes externas y pasarlos a la subcapa MAC común convertidos en unidades de datos del servicio o SDU (Service Data Units), que son las unidades de datos que se transfieren entre capas adyacentes. También se encarga de clasificar las SDUs de la MAC entrantes a las conexiones a las que pertenecen.
2. Subcapa MAC común (MAC CPS): Para este caso, que no es basado en un análisis del estándar sino en un estudio de idoneidad este punto es muy importante ya que es el núcleo de la toda la capa MAC, provee los servicios de acceso al sistema, asignación de ancho de banda, establecimiento y mantenimiento de la conexión y se establecen las unidades de datos de protocolo o PDU (Protocol Data Units).

En esta subcapa se prestan los servicios de planificación que representan los mecanismos de manipulación de datos soportados por el planificador de la MAC para el transporte de datos en una conexión, cada una de las cuales está asociada a un solo servicio de datos el cual a su vez, está asociado a unos parámetros de QoS que son quienes determinan su comportamiento.

3. Subcapa MAC de seguridad: Presta los servicios de autenticación, intercambio seguro de claves y cifrado. La subcapa de seguridad es la encargada de la autenticación, establecimiento de claves y encriptación. Es donde se realiza el intercambio de los PDUs de la MAC con la capa física.

3.5. CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

Dentro de la 2ª capa MAC examinada, Subcapa MAC común (MAC CPS) se define la calidad de servicio que viene determinado por los siguientes cuatro parámetros:

i. Concesión no Solicitada (UGS)

El servicio garantiza tramas periódicas de tamaño fijo según los parámetros del flujo, reduciendo así el overhead y la latencia que introducen las solicitudes (Request) de las SS. Los parámetros que definen esta clase de servicio y que resultan relevantes para este proyecto son:

- Mínima Tasa de Tráfico.
- Máxima Latencia.
- Jitter Tolerado.
- Tamaño de SDU (Service Data Units).

ii. Polling en tiempo real (rtPS)

El servicio proporciona oportunidades periódicas individuales (unicast polls) para solicitar ancho de banda cumpliendo los requisitos de tiempo real, y permite a la SS especificar el tamaño deseado para el intervalo de transmisión en UL. Los parámetros relevantes para este proyecto que definen esta clase de servicio son:

- Mínima Tasa de Tráfico y Máxima Latencia.

iii. Polling no en tiempo real (nrtPS)

La clase nrtPS ofrece unicast polls de forma regular, lo que asegura que el flujo de UL tenga oportunidades para transmitir solicitudes de ancho de banda incluso con la red congestionada. El parámetro más importante de esta clase de servicio de cara a este proyecto es:

- Mínima Tasa de Tráfico Reservada.

iv. Extended rtPS (ertPS).

La clase ertPS pretende aunar las ventajas de UGS y rtPS. La BS asigna intervalos de transmisión garantizados como en UGS, evitando la latencia de una solicitud de ancho de banda. Sin embargo el tamaño del intervalo de transmisión varía dinámicamente y la SS puede solicitar cambiar el tamaño del intervalo de transmisión asignado. Esta clase de servicio está diseñada para soportar tráfico en tiempo real que genere paquetes periódicos de tamaño variable, como en el caso de voz sobre IP con supresión de silencios. Los parámetros más importantes de este tipo de servicio son:

- Mínima Tasa de Tráfico Reservada y Máxima Latencia.

v. Mejor Esfuerzo (BE)

Los flujos BE deberán solicitar intervalos de transmisión y su solicitud solo será atendida si quedan slots libres después de dar servicio a los flujos con mayor prioridad, es decir, a los flujos con QoS distinta de BE. Los parámetros más importantes de este tipo de servicio son:

- Prioridad de tráfico .
- Máxima tasa sostenible.

Figura 37: Tabla de parámetros definidos en la capa MAC CPS

Tipo de QoS	Parámetros QoS definidos	Ejemplo de aplicaciones
UGS - Unsolicited Grant Service	Máxima tasa sostenible Máxima latencia tolerada Tolerancia jitter	Voz sobre IP sin supresión de silencios
RtPS - Real time Polling Service	Mínima tasa reservada Máxima tasa sostenible Máxima latencia tolerada Prioridad de tráfico	Flujos de audio y video
NRtPS - Non Real time Polling Service	Mínima tasa reservada Máxima tasa sostenible Prioridad de tráfico	Protocolo de transferencia de ficheros (FTP)
BE - Best Effort service	Máxima tasa sostenible Prioridad de tráfico	Navegación Web, transferencia de datos
Ert VR - Extended Real time Variable Rate service	Mínima tasa reservada Máxima tasa sostenible Máxima latencia tolerada Tolerancia jitter Prioridad de tráfico	VoIP con supresión de silencios

4. CÁLCULO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE LAS PÉRDIDAS POR PROPAGACIÓN.

Una vez analizados los elementos que componen la solución propuesta es necesario un estudio del medio y las características que componen el lugar sobre el que ofrecemos cobertura Wimax

4.1. CÁLCULO TEÓRICO DE PÉRDIDA DE SEÑAL

Mientras las ondas viajan a través del medio éstas van cambiando la dirección de propagación, su nivel de intensidad y en general su comportamiento. Esto se debe a que en el universo no existe espacio libre o completamente vacío, ya que las condiciones ideales no se dan en la física real. Por tanto, el concepto de espacio libre, implica decir que no existe ningún obstáculo entre las antenas que están teniendo una comunicación, o que no existen objetos que impidan la visión directa de las antenas u otros elementos absorbentes de señal como son lluvia, vapor, etc. El único efecto en la señal emitida será la atenuación y no la absorción o refracción.

Desde el punto de vista teórico, el estudio de propagación involucra resolver las ecuaciones de Maxwell en el momento que se pueda determinar la posición y la naturaleza de las fuentes, las características electromagnéticas de la propagación del medio, las condiciones de frontera en superficies que delimitan a los medios y las condiciones iniciales.

Figura 37: Ecuaciones de Maxwell propagación ondas electromagnéticas

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \iint_{S \text{ apoyada}} \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu\epsilon \frac{\partial}{\partial t} \iint_{S \text{ apoyada}} \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

Mientras la onda va avanzando, la potencia promedio cambia en cada punto. Es por eso que se hacen modelos de propagación para calcular las pérdidas de las señales. El modelo más simple es el modelo de Friis que es deducido de las ecuaciones de Maxwell y predice las pérdidas en el espacio libre.

La ecuación de transmisión, desarrollada por H. T. Friis, permite determinar la potencia recibida por la antena receptora en un enlace radio, asumiendo condiciones ideales de espacio libre (no hay objetos que interfieren, pérdidas adicionales por lluvia, etc.).

Además, permite tener en cuenta efectos tales como la propagación multicamino, las pérdidas por desadaptación de polarización, las pérdidas por desadaptación de impedancias tanto en transmisión como en recepción, así como otros factores de pérdidas asociados a las condiciones meteorológicas del entorno de propagación. De este modo, la ecuación de transmisión resulta:

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r}\right)^2 \quad [\text{W}]$$

Donde:

- P_r es la potencia recibida en los terminales de entrada de la antena receptora.
- P_t es la potencia suministrada a la antena transmisora.
- G_t y G_r se corresponden con la ganancia de la antena transmisora y la ganancia de la antena receptora, respectivamente. (Llamamos ganancia de una antena a la relación entre la señal entregada por dicha antena y la señal que entrega una antena elemental (dipolo simple). Cuando este valor es negativo se denomina atenuación.)
- λ es la longitud de onda asociada a la frecuencia de operación.
- r es la distancia existente entre la antena transmisora y la antena receptora.
- $\left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r}\right)^2$ se conoce como el término que define las pérdidas de propagación en espacio libre.

A continuación con las tablas del fabricante se puede determinar la señal mínima aceptable.

Figura 38: Ejemplo de sensibilidad con relación a la modulación

	Modulation	Sensitivity (1.75 MHz)	Sensitivity (10 MHz)
RF parameters	BPSK-1/2	-99.5 dBm	-92 dBm
	QPSK-1/2	-96.5 dBm	-89 dBm
	QPSK-3/4	-94 dBm	-86.5 dBm
	16QAM-1/2	-91 dBm	-83.5 dBm
	16QAM-3/4	-87.5 dBm	-80 dBm
	64QAM-2/3	-83.5 dBm	-76 dBm
	64QAM-3/4	-81.5 dBm	-74 dBm

Según las tablas de características de los dispositivos de emisión, la sensibilidad de los receptores ha de ser de aproximadamente -74 dBm para las estaciones base que son las que darán cobertura a los clientes más alejados del centro urbano. Para poder transmitir el ancho de banda calculado se utilizarán la modulación 64QAM-3/4.

Es preciso matizar las particularidades de las unidades utilizadas en los siguientes cálculos. Para expresar tanto ganancia como atenuación se usa la unidad del decibelio. El decibelio expresa, en forma logarítmica, la relación existente entre dos valores de una misma magnitud. Los decibelios se usan para describir el efecto de los sistemas en la intensidad de las señales que se están mandando. Es frecuente decir que un cable tiene una pérdida de 6dB o que un amplificador tiene una ganancia de 15 dB. Estas unidades son útiles porque las intensidades de la señales varían logarítmicamente y no linealmente, es una forma de simplificar los números para variaciones muy grandes. Estas unidades son de gran utilidad por que las ganancias y pérdidas pueden ser calculadas tan solo con sumar o restar números enteros. Por ejemplo, cada vez que el nivel de potencia se duplica o divide entre dos se pueden sumar o restar 3dB. Esto corresponde a una ganancia o reducción del 50%.

Las unidades dB se deben referenciar a un nivel de potencia. Los niveles de potencia a menudo se pueden representar en dBm. 0 dBm está definido como un 1mW de potencia en las terminales de una carga como las de una antena.

A modo de ejemplo la fórmula empleada para ganancia de potencia es:

$$G_p = 10 \cdot \log\left(\frac{P_a}{P_b}\right) = (\text{dB})$$

Pa Potencia en W en el punto a de una instalación.

Pb Potencia en W en el punto b de una instalación.

Los parámetros de los equipos sugeridos son (Usaré los datos de las estaciones Albentia):

Pt=20 dBm para 64QAM (26 dBm para otras modulaciones)

Gt=20dBi

Gr=24 dBi

c=velocidad de la luz

f=5.8 Ghz

Se entiende dBm como la unidad dB en referencia de 1 mW y dBi como una ganancia de tipo isotrópica ideal, por tanto las igualaremos. Por otro lado el cálculo de pérdidas básicas de propagación en condiciones de espacio libre como el cociente entre la potencia radiada por la antena transmisora y la captada por la receptora se ha de expresar en dB, de modo que lo calcularemos en base a la frecuencia en lugar de hacerlo en base a la longitud de onda con la expresión:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d$$

Así:

$$Pr \text{ Norte} = 20 + 20 + 24 - (32,4 + 20 \log 5800 + 20 \log 4,70 + 2) = -59.111 \text{ dBm.}$$

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

$$Pr \text{ Este} = 20 + 20 + 24 - (32,4 + 20 \log 5800 + 20 \log 5,02 + 2) = -59,683 \text{ dBm.}$$

$$Pr \text{ Sur} = 20 + 20 + 24 - (32,4 + 20 \log 5800 + 20 \log 4,83 + 2) = -60,982 \text{ dBm.}$$

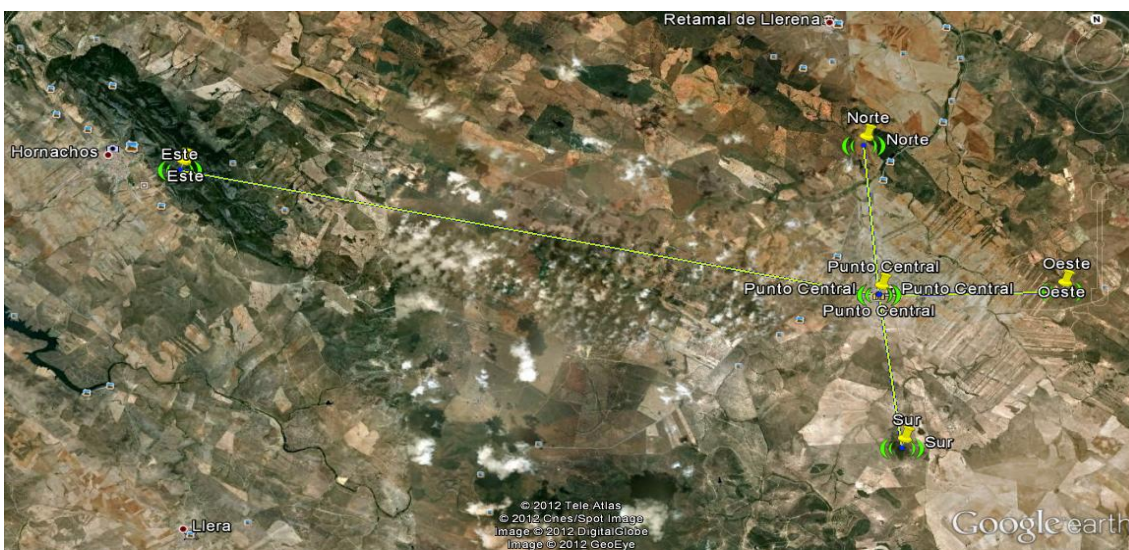
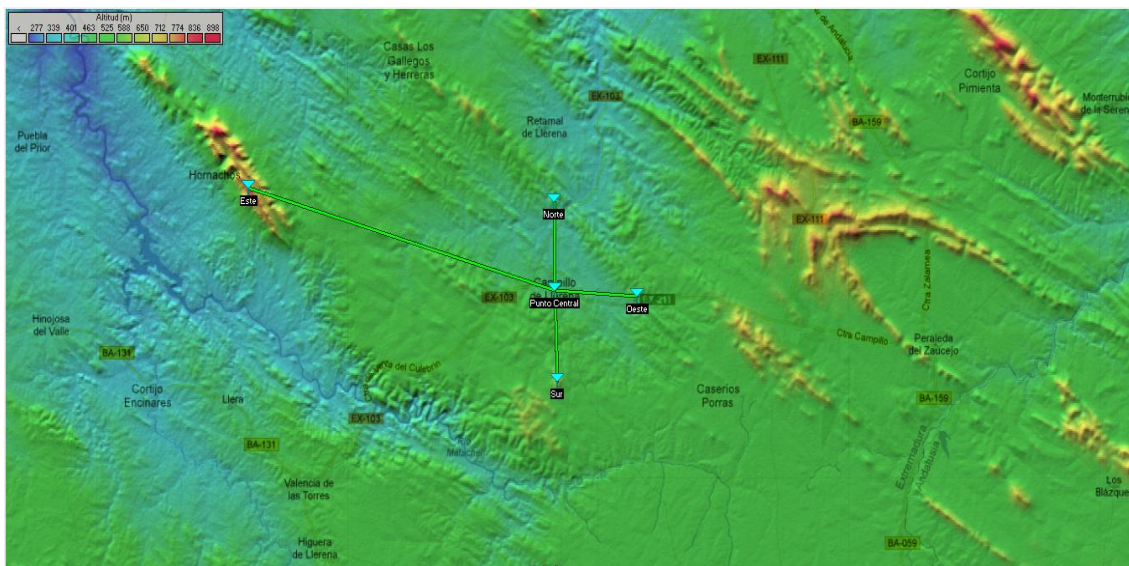
$$Pr \text{ Oeste} = 20 + 20 + 24 - (32,4 + 20 \log 5800 + 20 \log 19,03 + 2) = -71,257 \text{ dBm.}$$

Todos están por debajo de los -74 dBm de sensibilidad requeridos por la modulación necesaria para esta distancia.

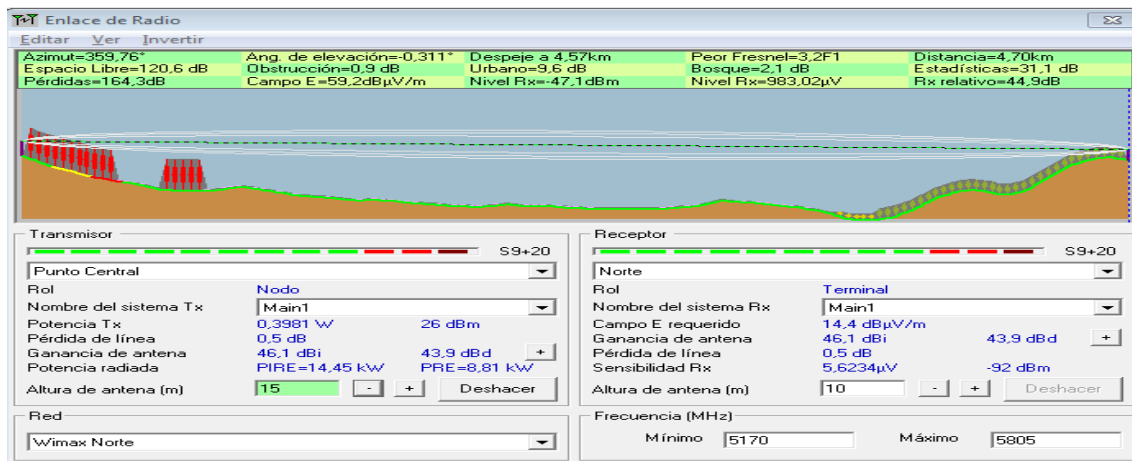
4.2. CÁLCULO PÉRDIDA DE SEÑAL CON RADIO MOBILE

A continuación se ha realizado el mismo cálculo con radio Mobile para contrastar los cálculos con un escenario real. La altura de la antena se ha situado a 15 metros para poder establecer contacto visual directo. La ganancia de la antena se ha fijado como 46.1 dB sin tener en cuenta la ganancia de la antena receptora porque por otro lado los cálculos realizados no han incluido posibles obstáculos por arboles u otros elementos que imposibiliten la visión directa.

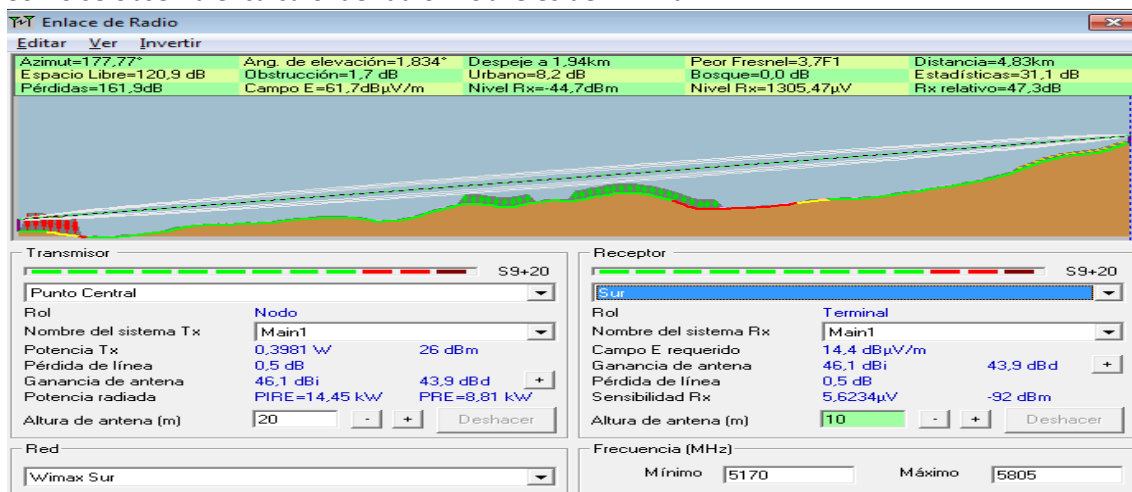
Figura 39: Propuesta de colocación de torres. En el centro EB central, en los extremos EB periféricos



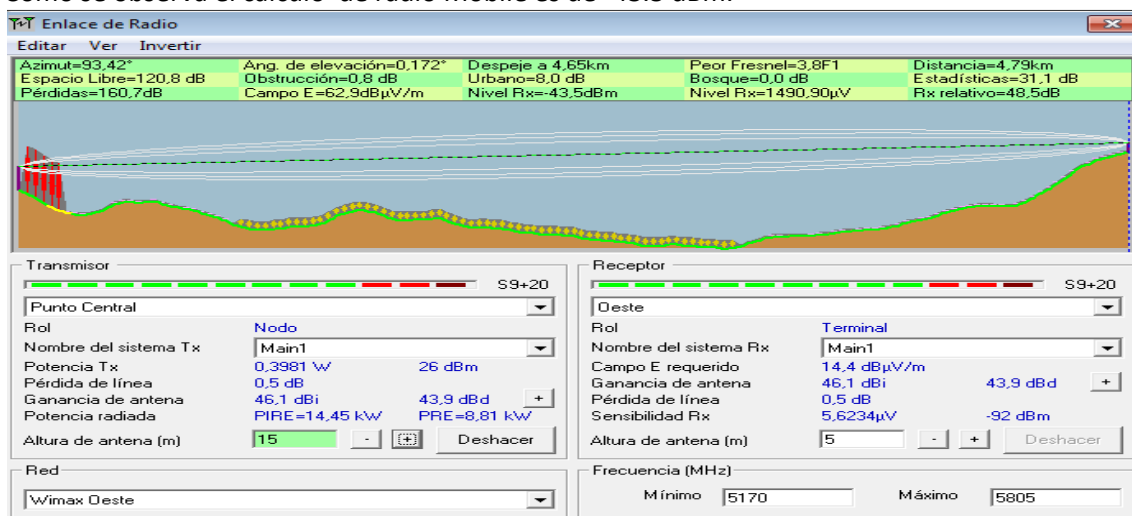
Los cálculos teóricos dan una recepción de señal del enlace Norte es de -59,111 dBm
 Como se observa el cálculo de radio Mobile es de -47.1 dBm



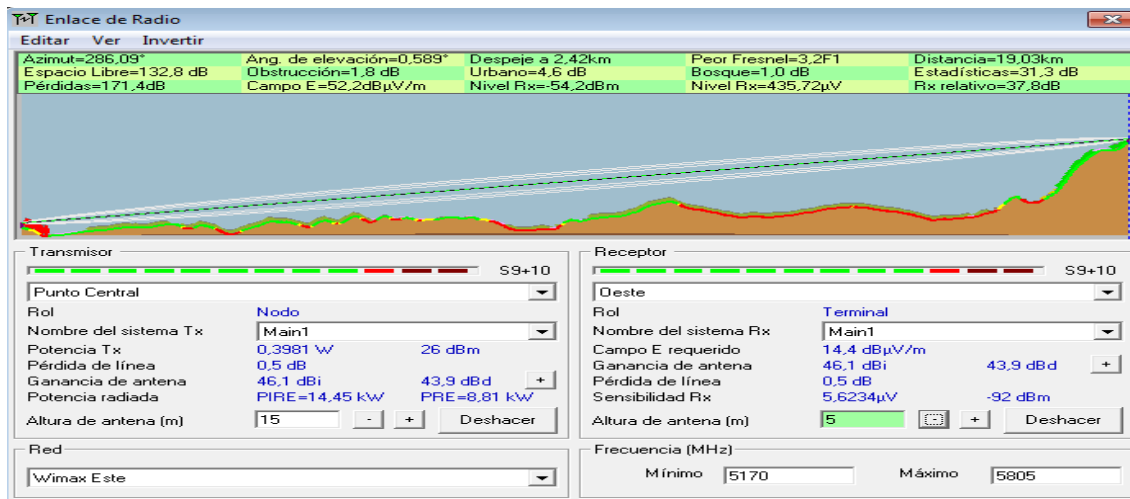
Los cálculos teóricos dan una recepción de señal del enlace Sur es de -60,982 dBm.
 Como se observa el cálculo de radio Mobile es de -44.7 dBm



Los cálculos teóricos dan una recepción de señal del enlace Este es de -59,683 dBm.
 Como se observa el cálculo de radio Mobile es de -43.5 dBm.



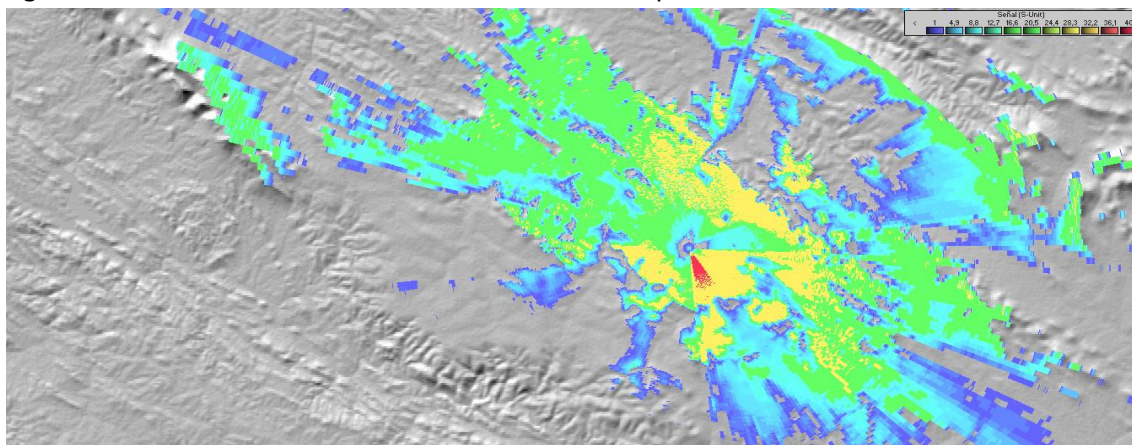
Los cálculos teóricos dan una recepción de señal del enlace Oeste es de -71,257 dB.
 Como se observa el cálculo de radio Mobile es de -54,2 dB



En los enlaces programados se observa que con radio Mobile obtenemos una señal de recepción mejor por una menor atenuación a la calculada. Aunque existen diferencias con los cálculos en ambos casos se obtiene resultados positivos para poder implementar terminales en la zona propuesta.

Sin embargo el análisis realizado por radio Mobile arroja una serie de retos a tener en cuenta en la instalación y son como se ve en las imágenes expuestas de cobertura, los accidentes geológicos que tiene esta población. Para ver claramente este hecho se adjunta las siguientes capturas de la cobertura por superficie de la población:

Figura 40: Cobertura con estación EB central única sin periféricas.



Aunque la cobertura es bastante completa se hace frente a una orografía muy irregular (mayor de lo prevista) que dificulta el acceso en puntos concretos del territorio. Por tanto, después de analizar las posibles soluciones se ha determinado un cambio en la solución inicial propuesta.

Se ha tenido en cuenta como referencia las normas UNE-EN 50083-1, UNE-EN 50083-2 y prEN 50083-8 de CENELEC que analiza e indica las características del conjunto de elementos para la captación de servicios terrenales: las antenas y elementos anexos: soportes, anclajes, riostras, etc:

- La altura máxima del mástil será de 6 metros. Para alturas superiores se utilizarán torretas.

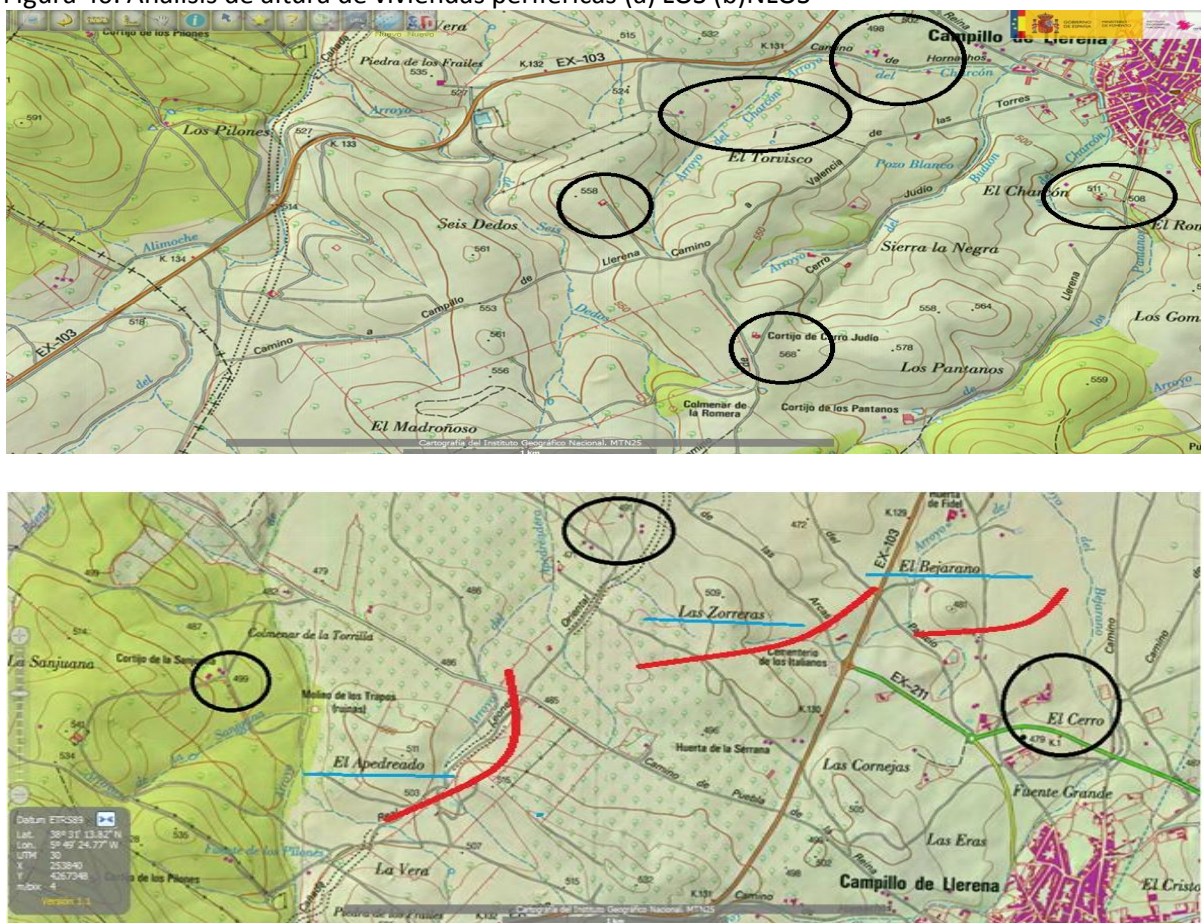
TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

En el anexo se adjuntan la normativa completa donde analiza con detalle los materiales, diámetros y otras especificaciones. Aunque se destaca la que, para la circunstancia del proyecto interesa más, y es que no se pueden utilizar mástiles de más de 6 metros.

En la descripción del proyecto, se indicó el tipo de casa como un estándar de tipo bético con dos pisos. Aunque las casas o cortijos diseminados puedan ser más altas que las casas municipales no variaran muy sustancialmente la altura, pudiendo ser determinada a nivel de cálculos y como promedio de unos 10 metros. Si a esta altura añadimos la normativa analizada de no utilizar mástiles de más de 6 metros encontramos un máximo de 16 metros.

Al revisar el mapa orográfico y de superficie del instituto cartográfico nacional observamos que existen viviendas detrás de elevaciones montañosas que perderían señal por visión directa con la EB central.

Figura 40: Analisis de altura de viviendas periféricas (a) LOS (b)NLOS



Los cortijos destacados en la figura 40 tienen visión directa. La altura del pueblo es de 502m y no existen obstáculos entre la torre principal y los diseminados marcados. Sin embargo en la figura siguiente existe un problema evidente y es que los cerros de El Apedreado, Las Zorreas y El Bejarano crean una pantalla natural que imposibilitan la visión directa.

Por ejemplo, tenemos el cortijo de la Sanjuana situado a $487\text{m} + 16\text{m} = 503\text{m}$ con una pantalla natural entre la torre emisora a $502\text{m} + 18\text{m} = 520\text{m}$ y el cortijo de 515m como muestra la figura 41.

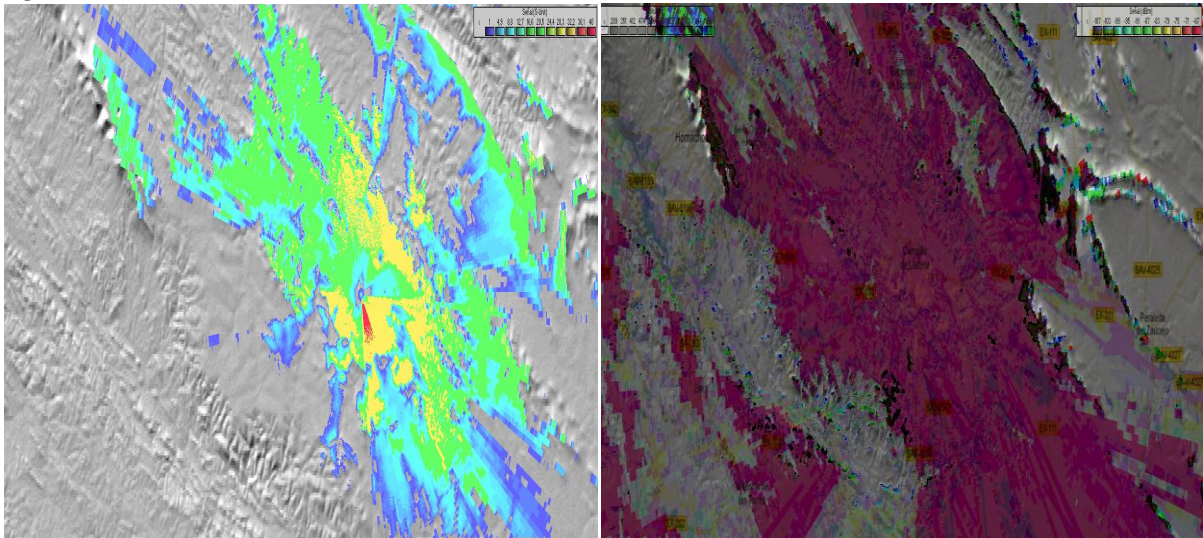
TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

Siendo todos ellos los puntos más altos desde los que ofrecer cobertura a los cortijos circundantes y teniendo visión directa con el punto central. De este modo la cobertura es mucho mayor. Por otro lado, aunque perdemos potencia de señal debido a que se usarán antenas omnidireccionales en las EB y estas tienen como inconveniente la emisión en todos los ángulos, con cuatro antenas omnidireccionales se relativiza la importancia de este problema por contar con la posibilidad de traslapar señales. De modo en los puntos en los que existiera cobertura múltiple lo único que se requeriría es orientar la CPE del cliente hacia donde tuviéramos mejor señal.

A modo de contraste y ver la idoneidad de este ajuste compararemos el análisis de cobertura usando Radio Mobile por transmisión desde punto central con antenas sectoriales contra cobertura mediante 4 antenas omnidireccionales periféricas con 2 sectoriales centrales.

Figura 44: Cobertura 6 Sectoriales de 60° desde EB central a 502m y

Figura 45: Cobertura 4 Omnidireccionales+ 2 Sectoriales centrales



La cobertura es sustancialmente más efectiva y con mucha mejor relación ruido/señal. Siendo este el caso se podría incluso bajar la potencia de emisión si fuera preciso para evitar posibles interferencias con el Wimax de otras localidades. Por tanto, el modelo basado en una antena central que dará cobertura al municipio con dos antenas sectoriales y que a su vez distribuirá el resto de ancho de banda a 4 EB situadas estratégicamente para dar cobertura con antenas omnidireccionales, que el proyecto presenta es realista a nivel técnico y presenta un excelente rendimiento desde el punto de vista de sensibilidad de señal emitida/recepcionada. Este paradigma permitiría además conseguir señal alternativa de nodos cercanos en caso de fallo de alguna de las antenas emisoras. Finalmente esta estructura es realista ya que el trasladar ancho de banda a diferentes EB situadas en lugares elevados y periféricos salvamos el mayor impedimento de los sistemas LOS y sin embargo obtenemos todos los beneficios de esta tecnología como son robustez, confiabilidad contrastada y precio asequible.

5. CÁLCULO DE THROUGHPUT Y OFERTA DISPONIBLE

5.1. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

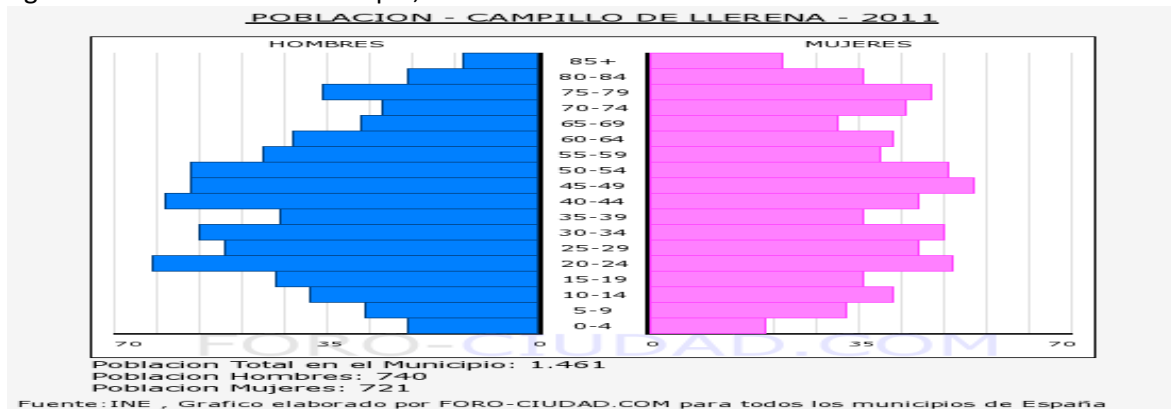
Un análisis de la oferta actual en el mercado se observa que compañías como Iberbanda, que tiene la contratación de banda licenciada en muchos territorios nacionales, está comercializando paquetes de llamadas + Internet (2Mbps/1Mbps).

La estructura en estudio ofrece tres posibles capacidades de transmisión:

- Alta velocidad 4 Mbps Internet + Telefonía.
- Velocidad estándar 2 Mbps + Telefonía.

Un cálculo de ancho de banda total ha de realizarse por medio de un estudio de población total, edades con acceso real y número de viviendas.

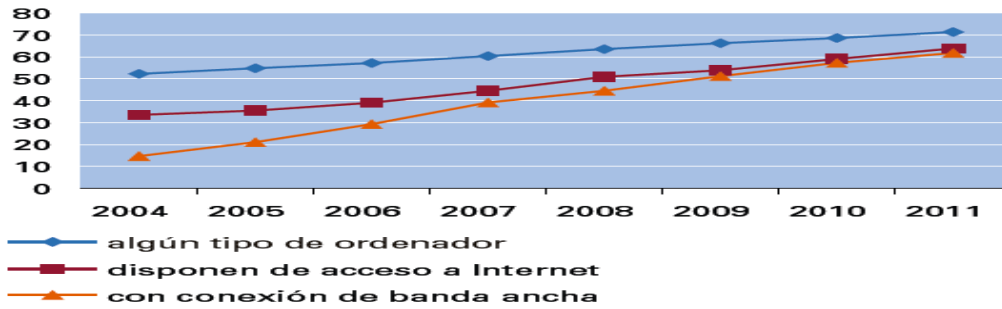
Figura 46: Población del municipio, datos INE 2011



El rango de edades de utilización de Internet es de entre 10 y 60 años para poblaciones de este tipo. Según el INE - CIFRAS INE HOGARES casi el 40% de los jóvenes de hasta 30 años viven con sus padres y que la emancipación en entornos rurales es más difícil. Se realizará un cálculo de viviendas en base al número de varones de entre 30 a 59, lo que arroja un cálculo sobre 262 hogares.

Se necesitará un ancho de banda de $262 * 2 \text{ Mbps} = 524 \text{ Mbps}$. Con este dato cubriríamos el 100% de las solicitudes. Sin embargo, dado que: 1) Existe acceso a internet alternativo por cable a través de las líneas telefónicas, 2) que este tipo de conexión está pensada para dar señal a clientes con dificultad de acceso, 3) que el coste de asumir la conectividad total del pueblo significaría un gasto de infraestructura bastante alto sin que sea una necesidad real, lo que implicaría que la inversión sería un auténtico riesgo económico y que 4) Internet es un servicio que no será utilizado por todos los ciudadanos, tendremos que ajustar los cálculos. Una estructura viable debería garantizar un 100 % de las viviendas de difícil acceso. Eso supone y tras analizar la el mapa provisto por el instituto cartográfico 50 cortijos y casas. De las 200 viviendas del pueblo se reduce el número un 40% según la información del INE de la figura 47.

Figura 47: Evolución del equipamiento TIC %viviendas. España 2004-2011



Por tanto el número puntos de acceso posibles se reduce a 120. Estos 120 posibles puntos de acceso urbanos ya poseen acceso a internet por otros medios como ADSL. De este modo la estructura propuesta necesitaría un ancho de banda menor, sin embargo para poder garantizar el servicio óptimo se realizará el cálculo sobre una posible demanda del 80%, lo que implica 108 puntos de acceso, lo que implica un ancho de banda de 216 Mbps. Este valor se verá ampliado en los Mbps que se necesiten para cubrir la oferta telefónica y que se analizará en la siguiente sección.

5.2. CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA

A pesar de que la oferta sea extensible a 4 Mbps no todas las viviendas podrán disponer de ese ancho de banda. El throughput máximo del que un abonado puede disponer corresponde a varios factores como por ejemplo la modulación.

El cálculo del rendimiento se determina por la fórmula:

$$BW_{Mbps} = \frac{N \cdot b \cdot c_r}{T_s}$$

Teniendo en cuenta los datos del fabricante, que por utilizar frecuencia libre estamos obligados a utilizar canales de 10MHz y tramas de 10ms.

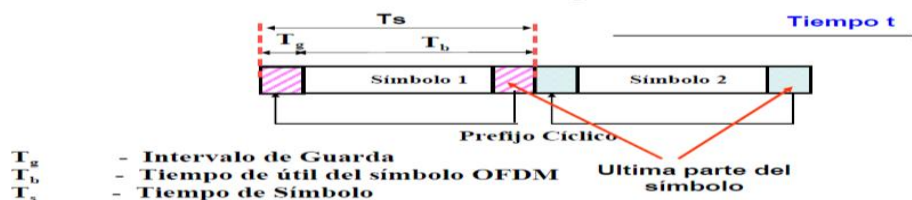
N: El número de portadoras empleadas en la modulación. En este caso 192.

b: número de bits de la codificación

cr: Porcentaje de datos. Se refiere al 2/3 de 2/3 QAM-16 por ejemplo.

Ts: El tiempo de símbolo. Que es el Tb + Tg, siendo Tb el tiempo de bit y Tg el tiempo de guarda que adaptaremos como (1/8)Tb

Figura 48: Simbolos trama OFDM y prefijo cíclico



Para observar la relación entre tipo de modulación, canal, tiempo de guarda y throughput total se incluye la figura 49.

Figura 49: Tabla relación Canal-Modulación-Rendimiento

Id de Tx	MODULACIÓN BW=10MHz	Nused	bm	cr	Tb	Tg =tb/B	Ts	BR Mbps	
0	BPSK 1/2	192	1	0,50	22,4	2,8	25,2	198	3,81
1	QPSK 1/2	192	2	0,50	22,4	2,8	25,2	198	7,62
2	QPSK 3/4	192	2	0,75	22,4	2,8	25,2	198	11,43
3	16QAM1/2	192	4	0,50	22,4	2,8	25,2	198	15,24
4	16QAM3/4	192	4	0,75	22,4	2,8	25,2	198	22,86
5	64QAM2/3	192	6	0,67	22,4	2,8	25,2	198	30,48
6	64QAM3/4	192	6	0,75	22,4	2,8	25,2	198	34,29

Tabla 13. BIT RATE con canal 10 MHz

Por tanto, dependiendo del SNR se adaptará la modulación para cada cliente. La fórmula que regula el SNR es:

$$SNR_{loss} = -10 * \log \left(1 - \frac{T_s}{T_{CP}} \right)$$

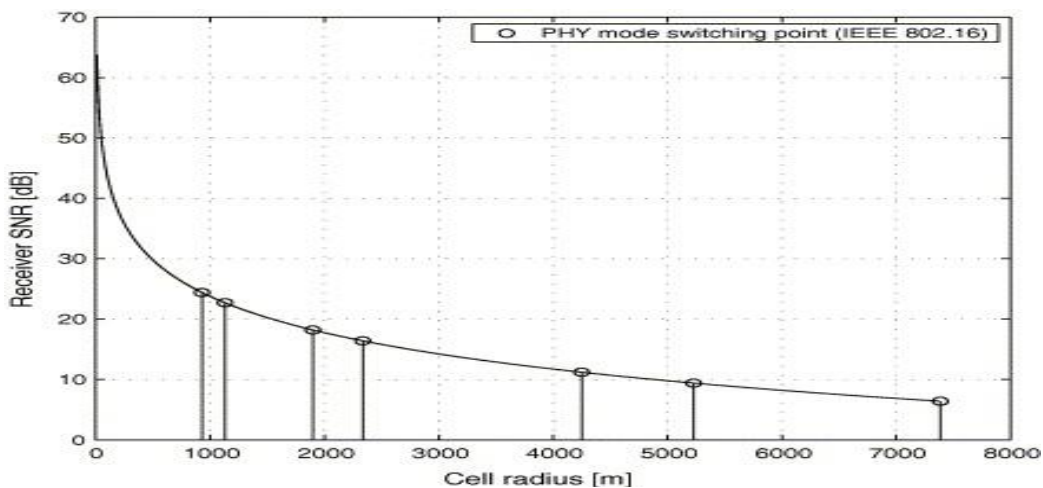
Siendo T_{cp} el tiempo de guarda y T_s el tiempo total de símbolo. Obtenemos la tabla que se incluye en la figura 50.

Figura 50: SNR umbral para cada modulación

Modulation	Coding rate	Receiver SNR threshold (dB)
BPSK	1/2	6.4
QPSK	1/2	9.4
QPSK	3/4	11.2
QAM-16	1/2	16.4
QAM-16	3/4	18.2
QAM-64	1/2	22.7
QAM-64	3/4	24.4

Por tanto, en el peor de los casos un cliente que se halle a una distancia con peor coeficiente SNR y asignado a modulación BPSK podrá ser ofertado hasta 3.81 Mbps como muestra la figura 49. Sin embargo si observamos la figura 51 si un cliente se halla a 5 km dispondrá de un SNR de 10 dB. Con este se puede usar la modulación QPSK y por tanto obtener rendimientos de hasta 7,62 Mbps

Figura 51: Relacion SNR/distancia



5.3. CÁLCULO ANCHO DE BANDA PARA SERVICIO DE VOZ

El ancho de banda necesario para proporcionar el servicio de telefonía se calcula a partir del consumo estimado del protocolo de compresión de audio, que normalmente puede ser G.711, G.723.1, G.729a o SILK44, al que se le añade la cabecera del protocolo VoIP elegido. Los más utilizados son el G.723.1 y G.729a ya que utilizan menos ancho de banda conservando la calidad de la llamada mediante compresión. Asterisk es una calculadora de ancho de banda VoIP requerido para este servicio. Una vez introducidos los diferentes protocolos mencionados con sus codificaciones se puede determinar que con una codificación g. 711 a 64 Kbps y un protocolo SIP el ancho simétrico necesario es de 0.02 Mbps.

Figura 52: Cálculo de ancho de banda necesario para servicio de voz

2. Bandwidth Calculator

Incoming Channel	Outgoing Channel
<input checked="" type="radio"/> Regular Audio Codecs Codec: <input type="text" value="g.711-64.00Kibps"/>	<input checked="" type="radio"/> Regular Audio Codecs Codec: <input type="text" value="g.711-64.00Kibps"/>
<input type="radio"/> Speex Audio Codec	<input type="radio"/> Speex Audio Codec
<input type="radio"/> MGCP <input type="radio"/> H323 <input checked="" type="radio"/> SIP <input type="radio"/> IAX2 <input type="radio"/> IAX2 trunked	<input type="radio"/> MGCP <input type="radio"/> H323 <input checked="" type="radio"/> SIP <input type="radio"/> IAX2 <input type="radio"/> IAX2 trunked
<input type="checkbox"/> RTCP	<input type="checkbox"/> RTCP
Number of simultaneous calls: <input type="text" value="1"/>	
<input type="button" value="Calculate"/>	
Incoming Bandwidth	Outgoing Bandwidth
Calls: 1 RTP: 4.69 Kbps UDP: 3.13 Kbps IP: 7.81 Kibps Protocol: SIP Audio Codec: 64.00g.711 Kbps *SIP overhead is disregarded!	Calls: 1 RTP: 4.69 Kbps UDP: 3.13 Kbps IP: 7.81 Kibps Protocol: SIP Audio Codec: 64.00g.711 Kbps *SIP overhead is disregarded!
Incoming bandwidth: 79.63 Kbps 0.08 Mbps 9.95 KBps 0.01 MBps	Outgoing bandwidth: 79.63 Kibps 0.08 Mbps 9.95 KBps 0.01 MBps
Total bandwidth (incoming and outgoing): 159.26 Kbps 0.16 Mbps 19.91 KBps 0.02 MBps	

Con un ancho de banda necesario por cliente de 0.02 Mbps el ancho de banda total necesario aumenta de 216 Mbps del ancho de banda proveniente de internet más 0.02 Mbps * 108 hogares. Por tanto será necesario un total de 218,16 Mbps.

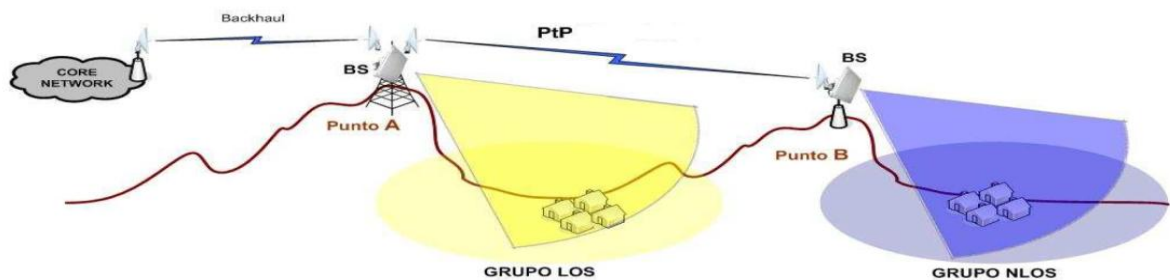
6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

6.1. DESCRIPCIÓN

Determinar una valoración económica aproximada implica un cálculo del ancho de banda necesario. Este valor tiene una incidencia directa en el número de dispositivos necesarios.

El cálculo determinado en la sección anterior arroja una necesidad de 218,16 Mbps para proveer los servicios propuestos a posibles clientes.

Figura 53: Esquema básico de proyecto



Por diseño una antena Wimax tiene un ancho de banda máximo de hasta 40 Mbps con las antenas correspondientes. De modo que el material técnico a emplear es:

2 Enlaces PtP Backhaul para conectar al ISP que proveerá el ancho de banda necesario contratado con la antena desde la que se emitirá a todo el pueblo.

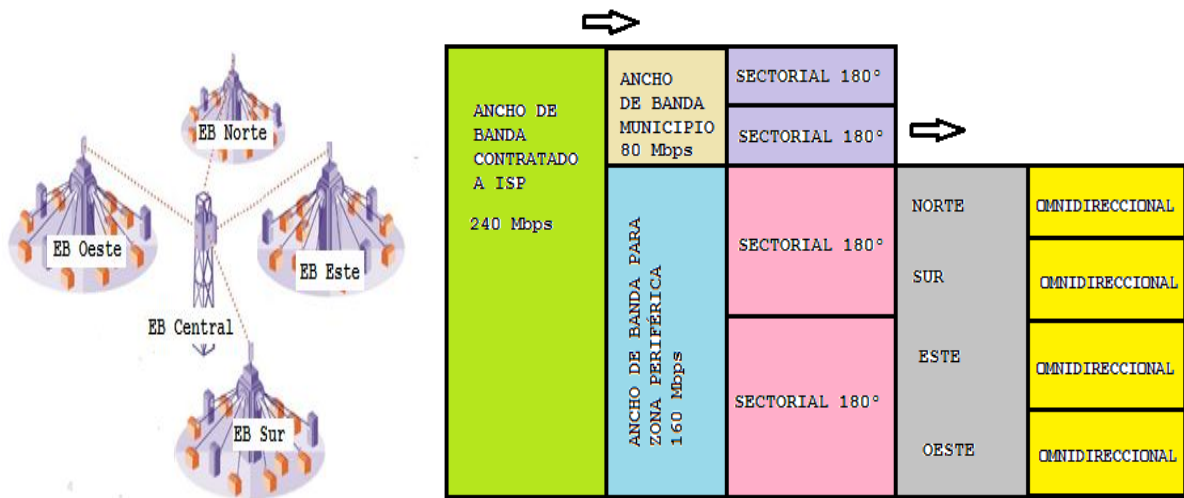
6 Enlaces PmP que provean el ancho de banda necesario, $6 \times 40 \text{ Mbps} = 240 \text{ Mbps}$.

1 Enlace PmP de alta ancho de banda para dar señal a las estaciones base diseminadas ha de ser de al menos 180 Mbps.

4 Antenas sectoriales de 180°, 2 para la estación base central que dará señal EB periféricas Y 2 para dar ancho de banda al municipio

4 Antenas omnisectoriales que emitan la señal en todas direcciones para dar cobertura a los clientes finales de una forma directa para mejorar la distancia de emisión ya que la potencia empleada que por contrato no debe superar 1 Watt.

El esquema general de la gestión del ancho de banda contratado seguirá la siguiente figura, dando la EB central cobertura municipal aunque no se muestre en el dibujo:



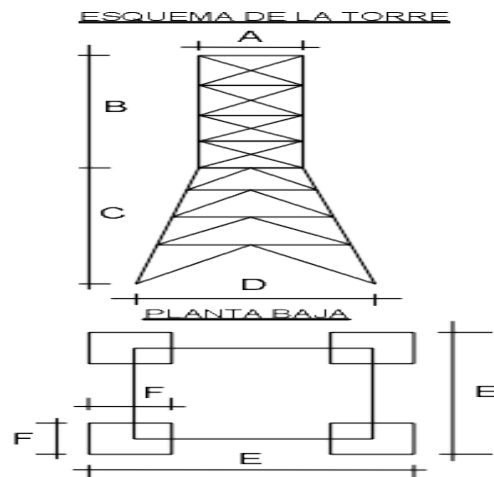
1 Servidor AAA

4 CPE para la realización de pruebas en los cuatros puntos cardinales escogidos al azar a 5 Km del pueblo.

En cuanto a la instalación de los elementos físicos y estructurales existen 4 estructuras comunes utilizadas como torres para colocar antenas:

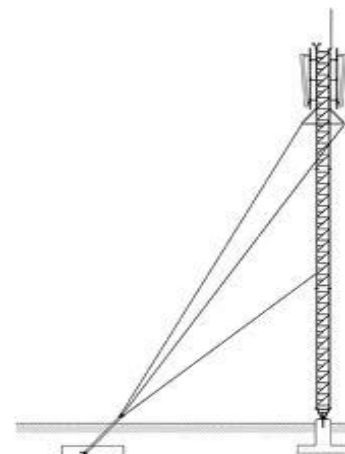
1) Torres autoportadas

Pensadas para ser situadas sobre terrenos, zonas urbanas o cerros deben estas cimentadas adecuadamente como muestra el dibujo. La geometría depende de la altura, ubicación o fabricante. Ideales para soportar cargas altas o zonas expuestas a inclemencias climáticas.



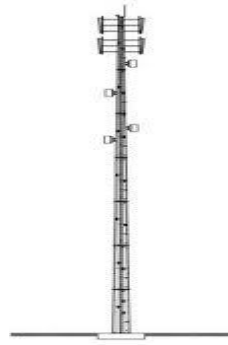
2) Torres arriostradas (Atirantadas)

Pensadas para ser instaladas en puntos o regiones específicos en los cuales se han de utilizar edificaciones existentes. Se utilizan tirantes o arriostres a diferentes distancias, nunca demasiado alejadas. Aunque no estructuras excesivamente pesadas se colocan sobre paredes maestras o columnas dado que la torre ejerce esfuerzo por compresión, además hay que tener en cuenta la colocación de los tirantes ya que estos ejercen esfuerzos por tensión.



3) Torres monopolo o monoposte

Se instalan este tipo de antenas cuando se requiere conservar la estética pues son las que ocupan menos espacio. Dado que estas estructuras se colocan sobre terreno se debe cimentar adecuadamente para resistir los efectos de la misma.



4) Torres tipo pedestal

Pensada para ser instaladas en las azoteas de los edificios sirven como apoyo para antenas móviles o parabólicas. Generalmente ocupan poco espacio y cargan poco peso. Además no suelen elevarse más de unos pocos metros desde el nivel de sus bases.



El presupuesto incluye la instalación de las torres más adecuadas a las necesidades del terreno que son las torres monoposte.

Instalación de 4 mástiles con base de torreta para las EB situadas en el exterior del municipio:

Material: Tubo, soportes, anclajes, riostras y material de construcción.

Eléctrico: Conectores y cableado.

Se necesitará alimentación eléctrica desde las tomas de corriente más cercanas.

De modo que la estructura de torre base de 5 metro es de 1500 euros porque la equiparemos con altura adaptable, además de disponer de base empotrable en base de hormigón.

La instalación de cada torre mas el traslado es de 500 euros.

Su puesta en marcha eléctrica se compone de los elementos eléctricos que ascienden a 850 euros por torre (Mayormente dedicado al cableado y su protección, con una distancia media de 750m de cable a 0.88 €/m). La mano de obra es de más 350 por elemento.

Por tanto la instalación de cada EB periférica asciende a 3200 euros por torre sin contar los elementos Wimax (Se han tenido en cuenta la mano de obra de un oficial es de 20 € y que no se cobra a administración sino por presupuesto total).

En cuanto a la estación base central se requiere una estructura segura pero menos material ya que se aprovecha una torre existente, por tanto se realiza el presupuesto del personal eléctrico, mecánico y albañilería por valor de 550 € en material en concepto de mástil, sujeción y cableado, y por otro lado instalación eléctrica y colocación por valor de 500 €. Así que la instalación de este elemento asciende a 1050 €.

En total el coste de instalar las 5 estaciones son: $3200 \cdot 4 + 1050 = 13850$ €

A continuación se detallará la infraestructura necesaria y suplementaria a la instalación como son SAI protección y medidas de prevención de ataques por medio de un firewall.

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

Hay dos tipos de fabricantes que pueden satisfacer este tipo de requisitos. La información técnica y su idoneidad serán mostradas en la sección de análisis técnico de los dispositivos.

Albarion por ser la más ampliamente distribuida y contrastada

Albentia por disponer de los equipos con mejor ancho de banda y especificaciones.

6.2. PRIMERA VALORACIÓN

Valoración de los diferentes equipos:

1) Albentia - Motorola – Smart Fi

Esta primera propuesta se basa en los el fabricante Albentia Motorola.

Motorola ofrece, gracias a sus 30 Mhz de ancho de canal, hasta 300 Mbps de ancho de banda para realizar la conexión entre la estación emisora y la estación que recibe el ancho de banda del ISP.

Dado que no sabemos exactamente la distancia entre el ISP y la antena base es importante contar con el rango de antena 200 Km.

Trabaja en un rango de los 5 Ghz lo cual permite trabajar si licencia.

Además transmite a una potencia de hasta 25 dBm y permite una sensibilidad de hasta -91 dBm.

Por otro lado los equipos Albentia ofrecen unas características muy interesantes. Transmiten con una potencia de hasta 26 dBm y su sensibilidad para equipos lejanos que operaran con la modulación BSK 1/2 llega a -92 dBm.

Tienen una capacidad máxima de rendimiento de hasta 37,7 Mbps y ofrecen la opción de conectar paneles solares de alimentación.

Elementos necesarios:

- 2 Enlaces PtP Backhaul:

Como indica la web de Motorola: Backhaul is one of the most costly components contributing to a Wimax network's total cost of operation.

La web de Motorola informa el precio aproximado de 20.000\$ por estación de enlace.

- 1 Enlace PmP que provea ancho de banda a las EB Sur, Norte, Este y Oeste.

Para este enlace es necesario un elemento que pueda trabajar con al menos dos antenas sectoriales de 180º que den ancho de banda a las EB y que trabajen por tanto al menos a 40 Mbps (EB) x 4 estaciones = 160 Mbps.

Smart Fi ofrece una solución muy interesante que es Smart Gate, sus características son 180 Mbps de ancho de banda real ocupable en 360 grados. Además las características indican que los clientes pueden conectarse a una distancia de hasta 3 kms. y 40 kms respectivamente a la redonda de la estación base.

El paquete basic incluye

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

- 5 Pieza estaciones base smart gate.
- 1000 folletos publicitarios.
- 2 modems internos y 2 externos.
- Capacitación.
- Software de administración de hasta 1500 usuarios.

Costo del paquete: \$ 12,777.00 dolares pago único.(9,848.01 €)

Por tanto no haría falta contabilizar las estaciones Base ya que las incluye el pack.

- 2 Enlaces PmP :

Serían 1 estacione que con un throughput de 37,7 Mbps daría cobertura al municipio a través de dos antenas sectoriales de 180º. Resultando en un ancho de banda de 75 Mbps.

- 4 Antenas sectoriales 180º

Se utilizarán para la conexión a BS y cobertura municipal.

Antena Sectorial 5.8ghz 20dbi Mimo Ever-link Internet Wifi de
http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-402420248-antena-sectorial-58ghz-20dbi-mimo-ever-link-internet-wifi-_JM

\$ 189,99 = 146,679 €

- 4 Antenas omnidireccionales para las estaciones Base.

UB AIRMAX AMO-5G13 Antena omnidireccional polarización Dual de 13dBi a 5GHz

Precio total: 169.07 €

- 4 CPE :

4 Cpe servirán para realizar las pruebas necesarias en los cuatro puntos cardinales con los límites que establezca la geografía.

CPE with integrated 802.11b/g WiFi Access Point. Weather-proof outdoor unit. Plastic housing
 Indoor CPE with integrated WiFi access point.

Como promedio de precios de CPE 350\$

<http://www.albentia.com/Docs/CPEs%20Wimax%20Interoperables%20Banda%20Libre%205%20GHz%20ESP.pdf>

Añadiría unos elementos comunes que se incluirán en el presupuesto final pero que quedarán diferenciados en las tablas de presupuestos:

- 1 Servidor AAA :

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

Albentia dispone de Central Provision System que es un software para controlar los aspectos de la red.

“ACP is a user and service management system based on a server network. Managed BSs connect to this servers when the users enter the access network. This server network provide the BSs with the authorization level and product information of the end-user”

El servidor AAA servirá para realizar tres funciones: Autenticación, Autorización y Contabilización (Authentication, Authorization and Accounting en inglés)

Autenticación

La Autenticación es el proceso por el que una entidad prueba su identidad ante otra. Normalmente la primera entidad es un cliente (usuario, ordenador, etc) y la segunda un servidor (ordenador). La Autenticación se consigue mediante la presentación de una propuesta de identidad (vg. un nombre de usuario) y la demostración de estar en posesión de las credenciales que permiten comprobarla. Ejemplos posibles de estas credenciales son las contraseñas, los testigos de un sólo uso (one-time tokens), los Certificados Digitales, ó los números de teléfono en la identificación de llamadas. Viene al caso mencionar que los protocolos de autenticación digital modernos permiten demostrar la posesión de las credenciales requeridas sin necesidad de transmitir las por la red (véanse por ejemplo los protocolos de desafío-respuesta).

Autorización

Autorización se refiere a la concesión de privilegios específicos (incluyendo "ninguno") a una entidad o usuario basándose en su identidad (autenticada), los privilegios que solicita, y el estado actual del sistema. Las autorizaciones pueden también estar basadas en restricciones, tales como restricciones horarias, sobre la localización de la entidad solicitante, la prohibición de realizar logins múltiples simultáneos del mismo usuario, etc. La mayor parte de las veces el privilegio concedido consiste en el uso de un determinado tipo de servicio. Ejemplos de tipos de servicio son, pero sin estar limitado a: filtrado de direcciones IP, asignación de direcciones, asignación de rutas, asignación de parámetros de Calidad de Servicio, asignación de Ancho de banda, y Cifrado.

Contabilización

La Contabilización se refiere al seguimiento del consumo de los recursos de red por los usuarios. Esta información puede usarse posteriormente para la administración, planificación, facturación, u otros propósitos. La contabilización en tiempo real es aquella en la que los datos generados se entregan al mismo tiempo que se produce el consumo de los recursos. En contraposición la contabilización por lotes (en inglés "batch accounting") consiste en la grabación de los datos de consumo para su entrega en algún momento posterior. La información típica que un proceso de contabilización registra es la identidad del usuario, el tipo de servicio que se le proporciona, cuando comenzó a usarlo, y cuando terminó.

El servidor Juniper (Productos especializados en redes) está ofertado en 1294 \$.

TFC Desarrollo de una red telemática para proveer servicios de telefonía e Internet a municipio rural

- 5 ROUTER – FIREWALL:

Cisco ASA 5520 Firewall Edition. Protocolo de interconexión de datos: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet Red / Protocolo de transporte: IPSec Rendimiento: Capacidad del cortafuegos : 450 Mbps Capacidad de la VPN : 225 Mbps Tasa de conexiones : 12.000 conexiones por segundo.

- 6 SAI:

Voltronic Galleon 3K - SAI on-line para empresa, 3000VA, 2400W, torre, 4 conectores schuko

Voltronic Galleon 3K

SAI on-line de la serie Galleon del fabricante Voltronic. Modelo con capacidad de 3 KVA, recomendado para una carga de hasta 2400 W. Modelo compacto montado en carcasa de metálica de color negro con visor LCD y 3 pulsadores en el panel frontal. Consulte especificaciones más detalladas en la tabla comparativa adjunta.

€902,43 IVA incluido

No se ha incluido la instalación de estructura ni mano de obra de operarios ya que se le encargará a una subcontrata.

De modo que un presupuesto aproximado de la primera propuesta es:

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
2	Enlaces PtP Backhaul Motorola	15427.57	30855.14
2	Enlaces PmP Albentia	2900	17400
1 pack	Enlaces PmP SmartFi Smart Gate	9,848.01	9,848.01
4	CPE Albentia	350	1400
TOTAL			59503,16

Elementos Comunes:

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
4	Antenas sectoriales de 180º	146.679	586,716
4	Antenas omnidireccionales	169.07	676,28
1	Servidor AAA	998.256	998,256
1	Router firewall	3802,20	3802,20
1	SAI	902,43	902,43
TOTAL			6965,882

Mano de obra:

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Mano de obra	3200*4 + 1050	13850

De instalación de
elementos

PRESUPUESTOS

Elementos Alvarion Motorola	59503,16
Elementos Comunes	6965,882
Mano de obra De instalación de elementos	13850
Total	80319,042 €

6.3. PROPUESTA ALTERNATIVA

2) Alvarion

Alvarion proporciona una propuesta de contrastada tanto por la experiencia como por las prestaciones.

Para la antena Backhaul que transmitirá el ancho de banda desde el ISP el equipo BreezeULTRA ofrece una capacidad de hasta 300 Mbps de throughput por radio y un alcance de hasta 75 km, además de operar en la banda libre.

Dispone de una potencia de transmisión de hasta 24 dBm.

Como estaciones emisoras o base a los equipos de clientes Alvarion ofrece la gama Extreme 5000 que como indica su propio nombre opera en los 5 Ghz.

Su potencia de transmisión es de hasta 21 dBm, y su throughput es similar al Albentia dado que utiliza las bandas de 10 Mhz y las misma modulaciones.

2 Enlaces PtP Backhaul:

BreezeULTRA P6000

Según la web: <http://www.winncom.com/products/850350-10.html> se valora en 23500 \$.

6 Enlaces PmP :

BreezeMAX Extreme 5000

1 Enlace PmP:

Proveera la banda ancha a las EB distribuidas Alvarion BreezeUltra 4.9-5.9GHz, up to 250 Mbps GigE Ethernet a través de las antenas sectoriales de 180º

Price: \$2,500.00 = 1,929.09 €

Precio extraído de <http://shop.bizsyscon.com/alvarion-breezeultra-4-9-5-9ghz-up-to-250-mbps-gige-ethernet/>

4 CPE :

El CPE igual que el caso anterior ha de soportar transmisión de internet y Volp: BreezeMAX PRO 5000 CPE.

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
2	Enlaces PtP Backhaul Alvarion	18,166.46	36332,92
6	Enlaces PmP Alvarion EB Periferica	4786,56	28719,36
1	Enlace PmP Alvarion Central	1,929.09	1,929.09
4	CPE Alvarion	621,36	2485,44
TOTAL			69466,81

Elementos Comunes:

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
4	Antenas sectoriales de 180º	146.679	586,716
4	Antenas omnidireccionales		
1	Servidor AAA	998.256	998.256
1	Router firewall	3802,20	3802,20
1	SAI	902,43	902,43
TOTAL			6289,602

Mano de obra:

UNIDADES	DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Mano de obra De instalación de elementos	3200*4 + 1050	13850

PRESUPUESTOS

Elementos Alvarion Motorola 69466,81

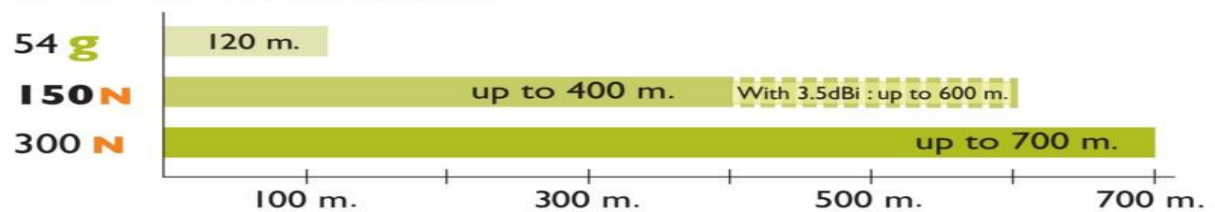
Elementos Comunes 6289,602

Mano de obra De instalación de elementos 13850

Total 89606,412 €

Estos elementos conforman un presupuesto de lo que representan los elementos técnicos a instalar y el precio de la puesta en marcha. Sin embargo hay que tener en cuenta que los clientes finales deberán hacerse cargo de la instalación local de los elementos así como de los equipos necesarios. Como se ha indicado en el apartado anterior de análisis de costes el cliente final ha de disponer del dispositivo CPE que se coloca en su antena y capta la señal desde la estación base que corresponda ofreciendo dos posibilidades: El BreezeMAX PRO 5000 CPE o el CPE de Albentia. Además el router wifi inalámbrico correrá a cargo del cliente y dependiendo de la señal que el cliente final necesite se pueden escoger routers que cubran por medio de wi-fi desde el 802.11g 120m hasta 700m con el 802.11n, esta característica debe ser considerada por el cliente si desea conectividad con algún elemento telemático externo.

UP TO 4X WIDER RANGE*



Por tanto el cliente, dependiendo de la estructura elegida se le dará la opción de elegir entre los diferentes fabricantes. Es interesante notar que los equipos CPE hay que dividirlos en dos, outdoor e indoor. Los outdoor son los que se les sugerirá al cliente dependiendo del presupuesto elegido, en cuanto al indoor dependerá de las necesidades del cliente. Ambos casos supondrán una inversión de aproximadamente 300 € que el cliente tendrá que disponer. Es por esta razón que no se espera una gran demanda dentro del municipio de este servicio, sin embargo, para las viviendas más alejadas del centro urbano será una inversión necesaria si desean conectividad.

7. ASPECTOS LEGALES

7.1. ASPECTOS LEGALES QUE REGULAN LA ELECCIÓN DE BANDA LIBRE O LICENCIADA

Una decisión clave que se ha mencionado con anterioridad es con respecto a la elección del espectro a utilizar. Existen dos posibilidades bandas licenciadas o bandas libres. En el esquema aplicable a España, esto implica para las bandas licenciadas operar en la zona de 3.5 GHz y para las bandas no licenciadas operar en la banda de 5 GHz.

El empleo de bandas licenciadas tiene la ventaja obvia de proveer protección contra la interferencia de algún otro operador inalámbrico. La desventaja es el proceso de obtención de la licencia.[...] En España estos permisos se solicitan a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT). Además del permiso, se requiere también un pago por concepto de canon por el uso del espectro.

El empleo del espectro no licenciado que es el por el que hemos optado brinda al operador inalámbrico la ventaja de ser capaz de desplegar inmediatamente el servicio, pero corre el riesgo que en el futuro se interfiera con algún operador vecino. Por otro lado, el espectro no-licenciado es generalmente una buena opción para áreas ex urbanas/rurales donde probablemente hay menos operadores. Este problema de interferencia puede solucionarse simplemente mediante la coordinación entre los operadores.

La normativa aplicable en caso de la banda libre se tendrá en cuenta:

Con actualización en el BOE n.44 del 19 de febrero de 2010 la norma establece:

UN – 128 RLANs en 5 GHz

[...]Banda 5470 - 5725 MHz: Esta banda puede ser utilizada para sistemas de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local en el interior o exterior de recintos, y las características técnicas deben ajustarse a las indicadas en la Decisión de la CEPT ECC/DEC/(04)08. La potencia isotrópica radiada equivalente será inferior o igual a 1 W (p.i.r.e.). Este valor se refiere a la potencia promediada sobre una ráfaga de transmisión ajustada a la máxima potencia. Adicionalmente, en esta banda de frecuencias el transmisor deberá emplear técnicas de control de potencia (TPC) que permitan como mínimo un factor de reducción de 3 dB de la potencia de salida. En caso de no usar estas técnicas, la potencia isotrópica radiada equivalente máxima (p.i.r.e) deberá ser de 500 mW (p.i.r.e).”

7.2. ASPECTOS LEGALES QUE REGULAN LA EXPLOTACIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES.

La ley 32/2003 de Martes 4 noviembre 2003 BOE núm. 264, General de Telecomunicaciones indica que “ Los interesados en la explotación de una determinada red o en la prestación de un determinado servicio de comunicaciones electrónicas deberán, con anterioridad al inicio de la actividad, notificarlo fehacientemente a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones en los términos que se determinen mediante real decreto, sometiéndose a las condiciones previstas para el ejercicio de la actividad que pretendan realizar.”

De modo que en el caso de querer implementar este proyecto en la web de la CMT http://www.cmt.es/c/document_library/get_file?uuid=f68950fb-70d2-48bf-9720-25306e32b40a&groupId=10138 se encuentra la documentación que hay que presentar. Un análisis del documento revela la necesidad de aportar documentación administrativa y técnica con el fin de determinar:

- Fecha prevista para el inicio de la actividad (en todos los casos)
- Declaración responsable de cumplimiento de los requisitos exigibles.
- Sumisión al arbitraje de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones Descripción de la red que se va a explotar.
- Descripción del servicio o servicios de comunicaciones electrónicas que se suministrarán

Adicionalmente, para poder gestionar este paso hay que haber estado dado de alta en el registro de operadores según lo establece el *Real Decreto 424/2005*. En general esto implicará la inscripción de las personas físicas o jurídicas que hayan realizado la notificación prevista en el artículo 5, de la red o servicio de comunicaciones electrónicas que pretenda explotar o prestar, de las condiciones aplicables al ejercicio de su actividad y de sus modificaciones.

La inscripción en el Registro de operadores tendrá carácter declarativo. La primera inscripción será realizada de oficio por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones en el plazo de 15 días contados desde la recepción de la notificación y en dicha inscripción se consignarán los siguientes datos:

- a. Respecto del operador:
 1. Nombre y apellidos o, en su caso, denominación o razón social, su nacionalidad y domicilio.
 2. Los datos relativos a la inscripción en el Registro Mercantil, en su caso.
 3. Su número o código de identificación fiscal, según proceda.
 4. El domicilio de la persona inscrita y el señalado a los efectos de notificaciones conforme a lo previsto en el artículo 4.3.
 5. El nombre y demás datos personales de su representante, en su caso.
 6. Nombre y apellidos de la persona responsable a los efectos de notificaciones.

7.3. ASPECTOS LEGALES QUE REGULAN LA FINANCIACIÓN DEL PROYECTO.

Finalmente en este punto vale la pena incluir lo que la circular 1/2012 CMT indicaba sobre la financiación del proyecto:

“Desde el año 1998, las telecomunicaciones han dejado de ser servicios públicos para pasar a ser calificados como servicios de interés general y, por tanto, las Administraciones Públicas deberán llevar a cabo su actividad en esta materia en las mismas condiciones que el resto de los operadores, es decir, siguiendo el principio del inversor privado en una economía de mercado”

“Los ingresos a obtener han de ser compatibles con los habitualmente existentes en una economía de mercado y, de manera prioritaria, derivar de la existencia de un precio a satisfacer por los usuarios. Ahora bien, ello puede coexistir con otras formas de financiación, como la publicidad o el patrocinio, figuras respecto de las cuales esta Comisión ha manifestado su conformidad bajo determinadas condiciones.”

De modo que esto afectaría a la financiación municipal que podemos esperar y sobre todo las cuotas aplicables a los clientes de modo que no rompan la libre competencia.

Sin embargo este punto no genera un gran problema financiero. A corte de ejemplo haré un cálculo muy somero de la valoración de la inversión con un término de recuperación simple. Los valores de pagos serán los de la inversión + una cuota anual de mantenimiento de 4500 Euros en concepto de:

Cuota mantenimiento anual:

Alquiler 250 Mb = 250 €/mes (No he encontrado una página de alquiler de líneas de ancha banda para comercializar Wimax, sin embargo, existen programas de integración de líneas. Por tanto el cálculo proviene de el precio actual de contratación de línea de fibra óptica a 50 Mb de ONO y lo he multiplicado por las 5 líneas que deberíamos contratar para conseguir los 250 Mb).

Mantenimiento de servidor y atención al cliente 200 €/mes.

Entiendo que las expectativas siempre son al alza en el caso de los gastos de los meses y a la baja en los ingresos mensuales para crear el flujo de caja (no tendré en cuenta los intereses generados). De modo que los ingresos son:

Una expectativa de 65 clientes supone tan solo una respuesta del 55% de la oferta (Expectativa a la baja). La estructura, como comentamos en un principio, está preparada para dar cobertura a unos 120 clientes concurrentes con un mínimo de 2 Mbps, y existen 50 o más cortijos y casa además de más de 200 viviendas en el municipio. Por tanto la expectativa de 65 clientes durante 5 años es pesimista para asegurar los resultados. La cuota mensual se establece en 35 €/mes, oferta competitiva si analizamos la oferta de uno de los proveedores con más presencia a nivel nacional, Iberbanda.

Figura 55: Oferta 1/2 Mbps Iberbanda.

Internet +teléfono	Servicios adicionales	Cuota de alta 59€ Permanencia 12 meses	Cuota de alta 0€ Permanencia 12 meses	Cuota de alta 150€ sin permanencia
AVI + AVItel	Router WIFI & IP fija	Cuota mensual	Cuota mensual	Cuota mensual
1 Mbps	NO	35,90€	45€	45€
	SI	38,90€	48€	48€
2 Mbps	NO	54,90€	64€	64€
	SI	57,90€	67€	67€

La rentabilidad es por tanto:

Para plan 1 (Albentia):

Año	Pagos	Ingresos	Flujo de Caja	Flujo Acumulado
	80319,042			-80319,042
1	-5400	27300	21901	-58419,042
2	-5400	27300	21902	-36519,042
3	-5400	27300	21903	-14619,042
4	-5400	27300	21904	7280,958
5	-5400	27300	21905	29180,958
Totales	53319,04	136500	109515	

Para plan 2 (Alvarion):

Año	Pagos	Ingresos	Flujo de Caja	Flujo Acumulado
	89606,412			-89606,412
1	-5400	27300	21901	-67706,412
2	-5400	27300	21902	-45806,412
3	-5400	27300	21903	-23906,412
4	-5400	27300	21904	-2006,412
5	-5400	27300	21905	19893,588
Totales	62606,41	136500	109515	

En ambos casos la recuperación de la inversión está garantizado. En el caso Albentia es un año antes, mientras que para el albarion hay que esperar hasta el 5º año, por tanto aunque no se han tenido en cuenta los intereses de la deuda se ve claramente que la inversión es viable sin la necesidad de que el ayuntamiento gestione la financiación.

Aunque en el caso de existir dudas, el ayuntamiento ha de valorar el bien público que la inversión genera y el aumento en concepto de tasa y generación de empleo por la reactivación de la actividad rural puede suponer a los presupuestos municipales.

7.4. ASPECTOS LEGALES QUE REGULAN LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL.

La ley orgánica de protección de datos recoge una serie de derechos fundamentales de los ciudadanos. La LOPD establece las obligaciones que los responsables de los ficheros o tratamientos y los encargados de los tratamientos, tanto de organismos públicos como privados, han de cumplir para garantizar el derecho a la protección de los datos de carácter personal.

Por tanto en el departamento que gestione los datos de los clientes, desde nombre y apellidos hasta el número de cuenta bancaria, deberán seguir las directrices que garanticen que los clientes puedan acceder, rectificar y cancelación u oponerse a sus datos personales.

Además de hacer posible las acciones descritas se hará constar claramente tanto en el contrato a firmar como en la contratación de forma verbal la posibilidad de gestionar los datos personales.

A nivel de estructura de la compañía a nivel interno también se respeta tanto la integridad como la confidencialidad de los datos de los clientes.

CONSIDERACIONES FINALES

El proyecto ha tratado de ofrecer una solución técnica al reto que la evolución tecnológica está presentando a una población alejada de las grandes urbes y en concreto a las viviendas más periféricas. Ante este desafío hay dos opciones, resignarse a la despoblación progresiva y un abandono de los cultivos rurales o aprovechar las muchísimas opciones que ofrece la telemática a este sector.

La instalación no supone obra mayor, tan solo inversión recuperable en equipos de transmisión. A modo de ejemplo, el equipo de transmisión más costoso es transmite todo el ancho de banda que recibimos desde el ISP de 250 Mbp y lo trasladamos a nuestra torre de distribución en el centro del pueblo y que luego será distribuido a las diferentes EB. Este elemento evita tener que pasar cable por todo el pueblo, sea enterrado como aéreo y cuyo coste ascendería a mucho más de 30000 euros. Además no existe obsolescencia de este sistema en los próximos 5 años que es su tiempo de amortización.

Partiendo de este hecho, solo se necesita la instalación de 5 torres metálicas que no afectarán a curso normal de las actividades municipales y tras las cuales tendremos cobertura en más del 90% del territorio rural municipal con todas las enormes posibilidades que ofrece. Adicionalmente, es probable que tras los 5 años de amortización se pueda implantar la nueva generación de Wimax basado en sistemas NLOS y mayor aprovechamiento del espectro para conseguir mayores velocidades, adaptado a superficies irregulares y basados en sistemas móviles.

El coste del proyecto no es excesivamente alto y más teniendo en cuenta la amortización al cuarto año y habiendo realizando los cálculos con expectativas negativas de contrataciones, por ejemplo los cálculos solo han tenido en cuenta casas y cortijos municipales, cuando la señal cubre municipios circundantes que no tienen la barrera natural que supone la sierra de Hornachos como son Maguilla, Retamal de Llerena y Peraleda del Zaucejo.

De modo que mi valoración personal sobre el proyecto es positiva, viable y recomendable en vista de todos los elementos envueltos a nivel tecnológico, coste y rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.wimax.com>

<http://www.wimax.com/wimax-technologies-standards/what-is-the-actual-throughput-data-transfer-rate-of-wimax-technology>

<http://www.ign.es/ign/main/index.do>

http://www.albentia.com/Docs/WP/ALB-W-000005sp_LibrevsLicenciada_A3.pdf

http://www.rfidc.com/docs/introductiontowireless_standards.htm

http://www.albentia.com/Docs/WP/ALB-W-000004sp_WiFivsWiMAX_A3.pdf

<http://revistas.udistrital.edu.co/>

<http://bibing.us.es>

<http://www.bandaancha.es>

<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-14779>

<http://blogcmt.com/2010/06/18/guia-para-las-aa-pp-que-quieran-ser-operadores/>

http://www.cmt.es/c/document_library/get_file?uuid=5e14310f-13da-4fef-be36-ce00ec016549&groupId=10138

http://www.agpd.es/portalwebAGPD/jornadas/dia_proteccion_2011/responsable/index-ides-idphp.php

http://www.tutorialspoint.com/wimax/wimax_technology.htm

<http://www.ine.es/revistas/cifraine/0604.pdf>

http://www.asteriskguru.com/tools/bandwidth_calculator.php

<http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.525-2-199408-III-PDF-S.pdf>

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6989/25/R-REC-P.525-2-199408-III-MSW-S.pdf>

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F4.-Espectro+Radioel%C3%A9ctrico.pdf>

<http://www.fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi/2005/FIS%2022105/FIS%2022105-12.pdf>

<http://www.cse.iitb.ac.in/synerg/doku.php?id=public:students:bsroy:home>

<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448146727.pdf>

ANEXO

AMPLIACIÓN LEYES

Creo interesante incluir parte de la ley que regula las estructuras y servicios de telecomunicaciones ya que gran parte de las decisiones se basan en esta ley.

Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.

TÍTULO II

Explotación de redes y prestación de servicios de comunicaciones electrónicas en régimen de libre competencia

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 5. Principios aplicables.

1. La explotación de las redes y la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas se realizará en régimen de libre competencia sin más limitaciones que las establecidas en esta ley y su normativa de desarrollo.

2. La adquisición de los derechos de uso de dominio público radioeléctrico, de ocupación del dominio público o de la propiedad privada y de los recursos de numeración necesarios para la explotación de redes y para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas deberá realizarse conforme a lo dispuesto en su normativa específica.

3. Las medidas que se adopten en relación al acceso o al uso por parte de los usuarios finales de los servicios y las aplicaciones a través de redes de comunicaciones electrónicas respetarán los derechos y libertades fundamentales de las personas físicas, como queda garantizado en el Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y de las Libertades Fundamentales y en los principios generales del Derecho comunitario.

Cualquiera de esas medidas relativas al acceso o al uso por parte de los usuarios finales de los servicios y las aplicaciones a través de redes de comunicaciones electrónicas, que sea susceptible de restringir esos derechos y libertades fundamentales solo podrá imponerse si es adecuada, proporcionada y necesaria en una sociedad democrática, y su aplicación estará sujeta a las salvaguardias de procedimiento apropiadas de conformidad con el Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y de las

Libertades Fundamentales y con los principios generales del Derecho comunitario. Por tanto, dichas medidas solo podrán ser adoptadas respetando debidamente el principio de presunción de inocencia y el derecho a la vida privada, a través de un procedimiento previo, justo e imparcial, que incluirá el derecho de los interesados a ser oídos, sin perjuicio de que concurran las condiciones y los arreglos procesales adecuados en los casos de urgencia debidamente justificados, de conformidad con el Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y Libertades Fundamentales. Asimismo se garantizará el derecho a la tutela judicial efectiva y en tiempo oportuno.

Se añade el apartado 3 por el art. 3.2 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

Artículo 6. Requisitos exigibles para la explotación de las redes y la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas.

1. Podrán explotar redes y prestar servicios de comunicaciones electrónicas a terceros las personas físicas o jurídicas nacionales de un Estado miembro de la Unión Europea o con otra nacionalidad, cuando, en el segundo caso, así esté previsto en los acuerdos internacionales que vinculen al Reino de España. Para el resto de personas físicas o jurídicas, el Gobierno podrá autorizar excepciones de carácter general o particular a la regla anterior.

En todo caso, las personas físicas o jurídicas que exploten redes o presten servicios de comunicaciones electrónicas a terceros deberán designar una persona responsable a efecto de notificaciones domiciliada en España, sin perjuicio de lo que puedan prever los acuerdos internacionales.

2. Los interesados en la explotación de una determinada red o en la prestación de un

determinado servicio de comunicaciones electrónicas deberán, con anterioridad al inicio de la actividad, notificarlo fehacientemente a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones en los términos que se determinen mediante real decreto, sometiéndose a las condiciones previstas para el ejercicio de la actividad que pretendan realizar. Quedan exentos de esta obligación quienes exploten redes y se presten servicios de comunicaciones electrónicas en régimen de autoprestación.

3. Cuando la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones constate que la notificación no reúne los requisitos establecidos en el apartado anterior, dictará resolución motivada en un plazo máximo de 15 días, no teniendo por realizada aquélla.

Artículo 7. Registro de operadores.

Se crea, dependiente de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, el Registro de operadores.

Dicho registro será de carácter público y su regulación se hará por real decreto. En él deberán inscribirse los datos relativos a las personas físicas o jurídicas que hayan notificado su intención de explotar redes o prestar servicios de comunicaciones electrónicas, las condiciones para desarrollar la actividad y sus modificaciones.

Artículo 8. Condiciones para la prestación de servicios o la explotación de redes de comunicaciones electrónicas.

1. La explotación de las redes y la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas se sujetarán a las condiciones previstas en esta ley y su normativa de desarrollo, entre las cuales se incluirán las de salvaguarda de los derechos de los usuarios finales.

2. Con arreglo a los principios de objetividad y de proporcionalidad, el Gobierno podrá modificar las condiciones impuestas previa audiencia de los interesados, del Consejo de Consumidores y Usuarios y, en su caso, de las asociaciones más representativas de los restantes usuarios, e informe de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. La modificación se realizará mediante real decreto, que establecerá un plazo para que los operadores se adapten a aquélla.

3. Las entidades públicas o privadas que, de acuerdo con la legislación vigente, tengan derechos especiales o exclusivos para la prestación de servicios en otro sector económico y que exploten redes públicas o presten servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público deberán llevar cuentas

separadas y auditadas para sus actividades de comunicaciones electrónicas, o establecer una separación estructural para las actividades asociadas con la explotación de redes o la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas. Mediante real decreto podrá establecerse la exención de esta obligación para las entidades cuyo volumen de negocios anual en actividades asociadas con las redes o servicios de comunicaciones electrónicas sea inferior a 50 millones de euros.

4. La explotación de redes o la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas por las Administraciones públicas, directamente o a través de sociedades en cuyo capital participen mayoritariamente, se ajustará a lo dispuesto en esta ley y sus normas de desarrollo y se realizará con la debida separación de cuentas y con arreglo a los principios de neutralidad, transparencia y no discriminación. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones podrá imponer condiciones especiales que garanticen la no distorsión de la libre competencia.

Artículo 9. Obligaciones de suministro de información.

1. Las Autoridades Nacionales de Reglamentación podrán, en el ámbito de su actuación, requerir a las personas físicas o jurídicas que exploten redes o presten servicios de comunicaciones electrónicas, la información necesaria para el cumplimiento de alguna de las siguientes finalidades:

a) Comprobar el uso efectivo y eficiente de frecuencias y números y el cumplimiento de las obligaciones que resulten de los derechos de uso del dominio público radioeléctrico, de la numeración o de la ocupación del dominio público o de la propiedad privada.

b) Satisfacer necesidades estadísticas o de análisis.

c) Evaluar la procedencia de las solicitudes de derechos de uso del dominio público radioeléctrico y de la numeración.

d) La publicación de síntesis comparativas sobre precios y calidad de los servicios, en interés de los usuarios.

e) Elaborar análisis que permitan la definición de los mercados de referencia, la determinación de los operadores encargados de prestar el servicio universal y el establecimiento de condiciones específicas a los operadores con poder significativo de mercado en aquéllos.

f) Cumplir los requerimientos que vengan impuestos en el ordenamiento jurídico.

g) Comprobar el cumplimiento del resto de obligaciones nacidas de esta ley.

h) Comprobar el cumplimiento de las obligaciones que resulten necesarias para garantizar un acceso equivalente para los usuarios finales con discapacidad y que éstos se beneficien de la posibilidad de elección de empresas y servicios disponibles para la mayoría de los usuarios finales.

i) La adopción de medidas destinadas a facilitar la ubicación o el uso compartido de elementos de redes públicas de comunicaciones electrónicas y recursos asociados.

j) Evaluar la integridad y la seguridad de las redes y servicios de comunicaciones electrónicas.

k) Conocer el modo en que la futura evolución de las redes o los servicios puede repercutir en los servicios mayoristas que las empresas ponen a disposición de sus competidores. Asimismo podrá exigirse a las empresas con un peso significativo en los mercados mayoristas que presenten datos contables sobre los mercados minoristas asociados con dichos mercados mayoristas.

l) Comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas para la prestación de servicios o la explotación de redes de comunicaciones electrónicas.

Esta información, excepto aquella a la que se refiere el párrafo c), no podrá exigirse antes del inicio de la actividad y se suministrará en el plazo que se establezca en cada requerimiento, atendidas las circunstancias del caso. Las Autoridades Nacionales de Reglamentación garantizarán la confidencialidad de la información suministrada que pueda afectar al secreto comercial o industrial.

2. Las solicitudes de información que se realicen de conformidad con el apartado anterior habrán de ser motivadas y proporcionadas al fin perseguido.

Se modifica el párrafo a) y se añaden los párrafos h) a l) del apartado 1, por el art. 3.3 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

CAPÍTULO II

Mercados de referencia y operadores con poder significativo en el mercado

Artículo 10. Mercados de referencia y operadores con poder significativo en el mercado.

1. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, teniendo en cuenta las Directrices de la Comisión Europea para el análisis de mercados y determinación de operadores con peso significativo en el mercado, así como la Recomendación de Mercados Relevantes, definirá, mediante resolución publicada en el "Boletín Oficial del Estado", los mercados de referencia relativos a redes y servicios de comunicaciones electrónicas, entre los que se incluirán los correspondientes mercados de referencia al por mayor y al por menor, y el ámbito geográfico de los mismos, cuyas características pueden justificar la imposición de obligaciones específicas.

2. Asimismo, previo informe de la Comisión Nacional de la Competencia, teniendo en cuenta las directrices establecidas por la Comisión Europea, y los dictámenes y posiciones comunes pertinentes adoptados por el Organismo de Reguladores Europeos de las Comunicaciones Electrónicas (ORECE), la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones llevará a cabo un análisis de los citados mercados:

a) En un plazo de tres años contado desde la adopción de una medida anterior relativa a ese mercado. No obstante, y de modo excepcional, este plazo podrá ampliarse a un máximo de tres años suplementarios cuando las autoridades nacionales de reglamentación hayan notificado una propuesta de ampliación razonada a la Comisión y esta no haya hecho ninguna objeción en el plazo de un mes respecto de la ampliación notificada.

b) En el plazo de dos años desde la adopción de una recomendación sobre mercados relevantes revisada, para los mercados no notificados previamente a la Comisión.

Si la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones no hubiera concluido su análisis de un mercado relevante que figura en la Recomendación dentro de los plazos establecidos, el ORECE le prestará asistencia, a petición suya, para la conclusión del análisis del mercado concreto y las obligaciones específicas que deban imponerse. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, contando con esta colaboración, notificará el proyecto de medida a la Comisión en un plazo de seis meses.

3. El análisis a que se refiere el apartado anterior tendrá como finalidad determinar si los distintos mercados de referencia se desarrollan en un entorno

de competencia efectiva. En caso contrario, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones identificará y hará públicos el operador u operadores que poseen un poder significativo en cada mercado considerado.

Cuando un operador u operadores tengan, individual o conjuntamente poder significativo en un mercado de referencia (mercado primario), la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones podrá declarar que lo tienen también en otro mercado de referencia estrechamente relacionado con el anterior (mercado secundario) cuando los vínculos entre ambos sean tales que resulte posible ejercer en el mercado secundario el peso que se tiene en el mercado primario, reforzando de esta manera el poder en el mercado del operador.

4. En aquellos mercados en que se constate la inexistencia de un entorno de competencia efectiva, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones podrá imponer, mantener o modificar determinadas obligaciones específicas a los operadores que, de conformidad con el apartado anterior, hayan sido identificados como operadores con poder significativo en dichos mercados.

En la imposición de dichas obligaciones se otorgará preferencia a las medidas en materia de acceso, interconexión, selección y preselección frente a otras con mayor incidencia en la libre competencia.

Las obligaciones específicas a que se refieren los párrafos anteriores se basarán en la naturaleza del problema identificado, serán proporcionadas y estarán justificadas en el cumplimiento de los objetivos del artículo 3 de esta ley. Dichas obligaciones se mantendrán en vigor durante el tiempo estrictamente imprescindible.

A la hora de imponer obligaciones específicas, se tomarán en consideración, en su caso, las condiciones peculiares presentes en nuevos mercados en expansión, esto es, aquellos con perspectivas de crecimiento elevadas y niveles reducidos de contratación por los usuarios y en los que todavía no se ha alcanzado una estructura estable, para evitar que se limite o retrase su desarrollo.

5. En los mercados en los que se constate la existencia de competencia efectiva, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones suprimirá las obligaciones específicas que, en su caso, tuvieran impuestas los operadores por haber sido declarados con poder significativo en dichos mercados.

6. Reglamentariamente, el Gobierno establecerá las obligaciones específicas para los mercados de referencia previstas en este artículo, entre las que se incluirán las recogidas en el artículo 13 de esta ley y las relativas a los mercados al por menor, así como las condiciones para su imposición, modificación o supresión.

Se modifican los apartados 2 y 3 por el art. 3.4 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

CAPÍTULO III

Acceso a las redes y recursos asociados e interconexión

Artículo 11. Principios generales aplicables al acceso a las redes y recursos asociados y a su interconexión.

1. Este capítulo y su desarrollo reglamentario serán aplicables a la interconexión y a los accesos a redes públicas de comunicaciones electrónicas y a sus recursos asociados, salvo que el beneficiario del acceso sea un usuario final.

2. Los operadores de redes públicas de comunicaciones electrónicas tendrán el derecho y, cuando se solicite por otros operadores de redes y servicios de comunicaciones electrónicas, la obligación de negociar la interconexión mutua con el fin de prestar servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público, con el objeto de garantizar así la prestación de servicios y su interoperabilidad.

3. Sin perjuicio de las medidas que puedan adoptarse en relación con las empresas que tengan un peso significativo en el mercado por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de acuerdo con lo previsto en el artículo 13 de esta Ley, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo podrá imponer, en casos justificados y en la medida en que sea necesario, obligaciones a las empresas que controlen el acceso a los usuarios para que sus servicios sean interoperables.

4. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones podrá intervenir en las relaciones entre operadores o entre operadores y otras entidades que, de conformidad con lo establecido en el presente capítulo, se beneficien de las obligaciones de acceso e interconexión, de acuerdo con la definición que se da a los conceptos de acceso e interconexión en el anexo II de la presente Ley, a petición de cualquiera de las partes implicadas, o de oficio cuando esté justificado, con objeto de fomentar y, en su caso, garantizar la

adecuación del acceso, la interconexión y la interoperabilidad de los servicios, así como la consecución de los objetivos establecidos en el artículo 3. La decisión de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones será vinculante y se adoptará, salvo en circunstancias excepcionales, en un plazo máximo de cuatro meses. Asimismo, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo podrá actuar, en el ámbito de sus competencias, para conseguir los citados objetivos.

5. Las obligaciones y condiciones que se impongan de conformidad con este capítulo serán objetivas, transparentes, proporcionadas y no discriminatorias.

6. Los operadores que obtengan información de otros, en el proceso de negociación de acuerdos de acceso o interconexión, destinarán dicha información exclusivamente a los fines para los que les fue facilitada y respetarán en todo momento la confidencialidad de la información transmitida o almacenada, en especial respecto de terceros, incluidos otros departamentos de la propia empresa, filiales o asociados.

Se modifican los apartados 2 a 4 por el art. 3.5 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

Artículo 12. Condiciones aplicables al acceso a las redes y recursos asociados y a su interconexión.

1. Cuando se impongan obligaciones a un operador de redes públicas de comunicaciones electrónicas para que facilite acceso, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones podrá establecer determinadas condiciones técnicas u operativas al citado operador o a los beneficiarios de dicho acceso cuando ello sea necesario para garantizar el funcionamiento normal de la red, conforme se establezca reglamentariamente.

2. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en la medida en que sea necesario garantizar la posibilidad de conexión de extremo a extremo, podrá imponer obligaciones a los operadores que controlen el acceso a los usuarios finales, incluida, en casos justificados, la obligación de interconectar sus redes cuando no lo hayan hecho.

Artículo 13. Obligaciones aplicables a los operadores con poder significativo en mercados de referencia.

1. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en la forma y en las condiciones que se determinen en desarrollo del apartado 6 del artículo 10, podrá imponer a los operadores que, de

conformidad con dicho artículo, hayan sido declarados con poder significativo en el mercado obligaciones en materia de:

a) Transparencia, en relación con la interconexión y el acceso, conforme a las cuales los operadores deberán hacer público determinado tipo de información, como la relativa a contabilidad, especificaciones técnicas, características de las redes, condiciones de suministro y utilización, incluidas, en su caso, las condiciones que pudieran limitar el acceso o la utilización de servicios o aplicaciones, así como los precios. En particular, cuando se impongan a un operador obligaciones en relación con el acceso al por mayor a la infraestructura de la red, se le exigirá que publique una oferta de referencia.

b) No discriminación, que garantizarán, en particular, que el operador aplique condiciones equivalentes en circunstancias semejantes a otros operadores que presten servicios equivalentes y proporcione a terceros servicios e información de la misma calidad que los que proporcione para sus propios servicios o los de sus filiales o asociados y en las mismas condiciones.

c) Separación de cuentas, en el formato y con la metodología que, en su caso, se especifiquen.

d) Acceso a elementos o a recursos específicos de las redes, así como a recursos y a servicios asociados tales como servicios de identidad, localización y presencia.

e) Control de precios, tales como la orientación de los precios en función de los costes, para evitar precios excesivos o la compresión de los precios en detrimento de los usuarios finales. Para favorecer la inversión por parte del operador, en particular en redes de próxima generación, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones tendrá en cuenta la inversión efectuada, permitiendo una tasa razonable de rendimiento en relación con el capital correspondiente invertido.

2. En circunstancias excepcionales y debidamente justificadas, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, previo sometimiento al mecanismo de consulta previsto en la disposición adicional octava, podrá imponer obligaciones relativas al acceso o a la interconexión que no se limiten a las materias enumeradas en el apartado anterior, así como a operadores que no hayan sido declarados con poder significativo en el mercado.

3. Cuando la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones estudie la conveniencia de

imponer las obligaciones previstas en el presente artículo, habrá de tener en cuenta, en particular, los siguientes elementos:

- a) la viabilidad técnica y económica de utilizar o instalar recursos que compitan entre sí, a la vista del ritmo de desarrollo del mercado, teniendo en cuenta la naturaleza y el tipo de interconexión o acceso de que se trate, incluida la viabilidad de otros productos de acceso previo, como el acceso a conductos,
- b) la posibilidad de proporcionar el acceso propuesto, en relación con la capacidad disponible,
- c) la inversión inicial del propietario de los recursos, sin olvidar las inversiones públicas realizadas ni los riesgos inherentes a las inversiones,
- d) la necesidad de salvaguardar la competencia a largo plazo, prestando especial atención a la competencia económicamente eficiente basada en las infraestructuras,
- e) cuando proceda, los derechos pertinentes en materia de propiedad intelectual, y
- f) el suministro de servicios paneuropeos.

Se modifican los párrafos a), d) y e) del apartado 1 y se añade el apartado 3 por el art. 3.6 y 7 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

Artículo 13 bis. Separación funcional.

1. Cuando la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones llegue a la conclusión de que las obligaciones impuestas, en virtud de lo dispuesto en el artículo anterior, no han bastado para conseguir una competencia efectiva y que sigue habiendo problemas de competencia o fallos del mercado importantes y persistentes en relación con mercados al por mayor de productos de acceso, informará al Ministerio de Industria, Energía y Turismo y al Ministerio de Economía y Competitividad, los cuales podrán proponer al Gobierno, como medida excepcional, la imposición, a los operadores con poder significativo en el mercado integrados verticalmente, de la obligación de traspasar las actividades relacionadas con el suministro al por mayor de productos de acceso a una unidad empresarial que actúe independientemente. Esa unidad empresarial suministrará productos y servicios de acceso a todas las empresas, incluidas otras unidades empresariales de la sociedad matriz, en los mismos plazos, términos y condiciones, en

particular en lo que se refiere a niveles de precios y de servicio, y mediante los mismos sistemas y procesos.

2. Cuando el Gobierno se proponga imponer una obligación de separación funcional, previo informe de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones y de la Comisión Nacional de la Competencia, presentará a la Comisión Europea una propuesta que incluya:

- a) pruebas que justifiquen las conclusiones a las que ha llegado,
- b) pruebas de que hay pocas posibilidades, o ninguna, de competencia basada en la infraestructura en un plazo razonable,
- c) un análisis del impacto previsto sobre la autoridad reguladora, sobre la empresa, particularmente en lo que se refiere a los trabajadores de la empresa separada y al sector de las comunicaciones electrónicas en su conjunto, sobre los incentivos para invertir en el sector en su conjunto, en especial por lo que respecta a la necesidad de garantizar la cohesión social y territorial, así como sobre otras partes interesadas, incluido en particular el impacto previsto sobre la competencia en infraestructuras y cualquier efecto negativo potencial sobre los consumidores, y
- d) un análisis de las razones que justifiquen que esta obligación es el medio más adecuado para aplicar soluciones a los problemas de competencia o fallos del mercado que se hayan identificado.

3. El proyecto de medida incluirá los elementos siguientes:

- a) la naturaleza y el grado precisos de la separación, especificando en particular el estatuto jurídico de la entidad empresarial separada,
- b) una indicación de los activos de la entidad empresarial separada y de los productos o servicios que debe suministrar esta entidad,
- c) los mecanismos de gobernanza para garantizar la independencia del personal empleado por la entidad empresarial separada y la estructura de incentivos correspondiente,
- d) las normas para garantizar el cumplimiento de las obligaciones,

e) las normas para garantizar la transparencia de los procedimientos operativos, en particular de cara a otras partes interesadas, y

f) un programa de seguimiento para garantizar el cumplimiento, incluida la publicación de un informe anual.

4. Tras la decisión de la Comisión Europea, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones llevará a cabo, de conformidad con el procedimiento previsto en el artículo 10, un análisis coordinado de los distintos mercados relacionados con la red de acceso. Sobre la base de su evaluación, previo informe del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y de la Comisión Nacional de la Competencia, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones impondrá, mantendrá, modificará o suprimirá las obligaciones correspondientes.

5. En el supuesto de que una empresa designada como poseedora de poder significativo en uno o varios mercados pertinentes, se proponga transferir sus activos de red de acceso local, o una parte sustancial de los mismos, a una persona jurídica separada de distinta propiedad, o establecer una entidad empresarial separada para suministrar a todos los proveedores minoristas, incluidas sus propias divisiones minoristas, productos de acceso completamente equivalentes, deberá informar con anterioridad al Ministerio de Industria, Energía y Turismo, al Ministerio de Economía y Competitividad y a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. Las empresas informarán también al Ministerio de Industria, Energía y Turismo, al Ministerio de Economía y Competitividad y a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de cualquier cambio de dicho propósito, así como del resultado final del proceso de separación.

En este caso, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones evaluará el efecto de la transacción prevista sobre las obligaciones reglamentarias impuestas a esa entidad, llevando a cabo, de conformidad con el procedimiento previsto en el artículo 10, un análisis coordinado de los distintos mercados relacionados con la red de acceso. Sobre la base de su evaluación, previo informe del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y de la Comisión Nacional de la Competencia, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones impondrá, mantendrá, modificará o suprimirá las obligaciones correspondientes.

6. Las empresas a las que se haya impuesto o que hayan decidido, la separación funcional podrán estar

sujetas a cualquiera de las obligaciones enumeradas en el artículo 13 en cualquier mercado de referencia en que hayan sido designadas como poseedoras de poder significativo en el mercado.

Se añade por el art. 3.8 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

Actualización publicada el 31/03/2012, en vigor a partir del 01/04/2012

Artículo 14. Resolución de conflictos.

1. De los conflictos en materia de obligaciones de interconexión y acceso derivadas de esta ley y de sus normas de desarrollo conocerá la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. Ésta, previa audiencia de las partes, dictará resolución vinculante sobre los extremos objeto del conflicto, en el plazo máximo de cuatro meses a partir del momento en que se pida su intervención, sin perjuicio de que puedan adoptarse medidas provisionales hasta el momento en que se dicte la resolución definitiva.

2. En caso de producirse un conflicto transfronterizo en el que una de las partes esté radicada en otro Estado miembro de la Unión Europea, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en caso de que cualquiera de las partes así lo solicite, coordinará, en los términos que se establezcan mediante real decreto, sus esfuerzos para encontrar una solución al conflicto con la otra u otras autoridades nacionales de reglamentación afectadas.

Cualquier autoridad nacional de reglamentación que sea competente en tal litigio podrá solicitar que el ORECE adopte un dictamen sobre las medidas que deben tomarse para resolver el litigio.

Cuando se haya transmitido al ORECE tal solicitud, cualquier autoridad nacional de reglamentación competente en cualquier aspecto del litigio deberá esperar el dictamen del ORECE antes de tomar medidas para resolver el litigio. Ello no constituirá un obstáculo para que las autoridades nacionales de reglamentación adopten medidas urgentes en caso necesario.

Cualquier obligación impuesta a una empresa por la autoridad nacional de reglamentación en la resolución de un litigio deberá tener en cuenta en la mayor medida posible el dictamen adoptado por el ORECE.

Se modifica el apartado 2 por el art. 3.9 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

Artículo 15. Normas técnicas.

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, en la medida necesaria para garantizar la interoperabilidad de los servicios y para potenciar la libertad de elección de los usuarios, fomentará, especialmente en los ámbitos de acceso e interconexión, el uso de las normas o especificaciones técnicas identificadas en la relación que la Comisión Europea elabore como base para fomentar la armonización del suministro de redes de comunicaciones electrónicas, servicios de comunicaciones electrónicas y recursos y servicios asociados.

En ausencia de dichas normas o especificaciones, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo promoverá la aplicación de las normas o recomendaciones internacionales aprobadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), la Comisión Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Se modifica por el art. 3.10 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

CAPÍTULO IV

Numeración, direccionamiento y denominación

Artículo 16. Principios generales.

1. Para los servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público se proporcionarán los números y direcciones que se necesiten para permitir su efectiva prestación, tomándose esta circunstancia en consideración en los planes nacionales de numeración y direccionamiento, respectivamente.

2. Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado anterior, la regulación de los nombres de dominio de internet bajo el indicativo del país correspondiente a España (".es") se regirá por su normativa específica.

3. Corresponde al Gobierno la aprobación de los planes nacionales de numeración y, en su caso, de direccionamiento y nombres, teniendo en cuenta las decisiones aplicables que se adopten en el seno de las organizaciones y los foros internacionales. Los procedimientos para la asignación de números, así como las condiciones asociadas a su uso serán abiertos, objetivos, no discriminatorios, proporcionados y transparentes.

Las decisiones relativas a los otorgamientos se adoptarán, comunicarán y harán públicas en el plazo máximo de tres semanas desde la recepción de la solicitud completa, salvo cuando se apliquen procedimientos de selección comparativa o competitiva, en cuyo caso, el plazo máximo será de seis semanas desde el fin del plazo de recepción de ofertas. Transcurrido el plazo máximo sin haberse notificado la resolución expresa, se podrá entender desestimada la solicitud por silencio administrativo.

4. Corresponde a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones la gestión y control de los planes nacionales de numeración y de códigos de puntos de señalización. Mediante real decreto se determinarán las entidades encargadas de la gestión y control de otros planes nacionales de direccionamiento y, en su caso, de nombres.

5. Los operadores a los que se haya asignado una serie de números no podrán discriminar a otros operadores en lo que se refiere a las secuencias de números utilizadas para dar acceso a los servicios de éstos.

6. Los operadores que exploten redes públicas telefónicas o presten servicios telefónicos disponibles al público deberán cursar las llamadas que se efectúen a los rangos de numeración telefónica nacional y, cuando permitan llamadas internacionales, al espacio europeo de numeración telefónica y a otros rangos de numeración internacional, en los términos que se especifiquen en los planes nacionales de numeración o en sus disposiciones de desarrollo.

Los operadores que exploten redes públicas telefónicas o presten servicios telefónicos disponibles al público que permitan las llamadas internacionales adoptarán las medidas oportunas para que sean cursadas cuantas llamadas se efectúen procedentes de y con destino al espacio europeo de numeración telefónica, a tarifas similares a las que se aplican a las llamadas con origen o destino en otros países comunitarios.

7. La asignación de recursos públicos de numeración no supondrá el otorgamiento de más derechos que el de su uso conforme a lo que se establece en esta ley. Todos los operadores y, en su caso, los fabricantes y los comerciantes estarán obligados a tomar las medidas necesarias para el cumplimiento de las decisiones que se adopten por el Ministerio de Ciencia y Tecnología o por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en el ámbito de sus respectivas competencias sobre numeración, direcciones y nombres.

Los usuarios finales tendrán, en los términos que determine la normativa de desarrollo de la ley, acceso a la numeración. Esta normativa podrá prever, cuando esté justificado, el acceso por los usuarios finales a los números de forma directa e independiente de los operadores para determinados rangos que se definan en los planes nacionales de numeración o en sus disposiciones de desarrollo.

Los operadores que exploten redes públicas telefónicas o presten servicios telefónicos disponibles al público, siempre que sea técnica y económicamente posible, adoptarán las medidas que sean necesarias para que los usuarios finales puedan tener acceso y recurrir a los servicios utilizando números no geográficos en la Unión Europea, y que puedan tener acceso, con independencia de la tecnología y los dispositivos utilizados por el operador, a todos los números proporcionados en la Unión Europea, incluidos los de los planes nacionales de numeración de los Estados miembros, los del espacio europeo de numeración telefónica, y los Números Universales Internacionales de Llamada Gratuita.

8. El Gobierno apoyará la armonización de determinados números o series de números concretos dentro de la Unión Europea cuando ello promueva al mismo tiempo el funcionamiento del mercado interior y el desarrollo de servicios paneuropeos.

Se modifican los apartados 3 y 6, se añade un párrafo al apartado 7 y el apartado 8, por el art. 3.11 a 13 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

Artículo 17. Planes nacionales.

1. Los planes nacionales y sus disposiciones de desarrollo designarán los servicios para los que puedan utilizarse los números y, en su caso, direcciones y nombres correspondientes, incluido cualquier requisito relacionado con la prestación de tales servicios. Asimismo, los planes nacionales y sus disposiciones de desarrollo podrán incluir los principios de fijación de precios y los precios máximos que puedan aplicarse a los efectos de garantizar la protección de los consumidores.

2. El contenido de los citados planes y el de los actos derivados de su desarrollo y gestión serán públicos, salvo en lo relativo a materias que puedan afectar a la seguridad nacional.

3. A fin de cumplir con las obligaciones y recomendaciones internacionales o para garantizar la disponibilidad suficiente de números, direcciones y

nombres, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, de oficio o a instancia de la entidad encargada de la gestión y control del plan nacional correspondiente y mediante orden ministerial publicada en el "Boletín Oficial del Estado", podrá modificar la estructura y la organización de los planes nacionales o, en ausencia de éstos o de planes específicos para cada servicio, establecer medidas sobre la utilización de los recursos numéricos y alfanuméricos necesarios para la prestación de los servicios. Se habrán de tener en cuenta, a tales efectos, los intereses de los afectados y los gastos de adaptación que, de todo ello, se deriven para los operadores y para los usuarios. Las modificaciones que se pretendan realizar deberán ser publicadas antes de su entrada en vigor y con una antelación suficiente.

4. Los planes nacionales y sus disposiciones de desarrollo podrán establecer procedimientos de selección competitiva o comparativa para la asignación de números y nombres con valor económico excepcional.

Se modifica el apartado 1 por el art. 3.14 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

Artículo 18. Conservación de los números telefónicos por los abonados.

Los operadores que exploten redes públicas telefónicas o presten servicios telefónicos disponibles al público garantizarán que los abonados a dichos servicios puedan conservar, previa solicitud, los números que les hayan sido asignados, con independencia del operador que preste el servicio. Mediante real decreto se fijarán los supuestos a los que sea de aplicación la conservación de números, así como los aspectos técnicos y administrativos necesarios para que ésta se lleve a cabo.

Los costes derivados de la actualización de los elementos de la red y de los sistemas necesarios para hacer posible la conservación de los números deberán ser sufragados por cada operador sin que, por ello, tengan derecho a percibir indemnización alguna. Los demás costes que produzca la conservación de los números telefónicos se repartirán, a través del oportuno acuerdo, entre los operadores afectados por el cambio. A falta de acuerdo, resolverá la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. Los precios de interconexión para la aplicación de las facilidades de conservación de los números habrán de estar orientados en función de los costes y, en caso de imponerse cuotas directas a los abonados, no deberán

tener, en ningún caso, efectos disuasorios para el uso de dichas facilidades.

Artículo 19. Números armonizados para los servicios armonizados europeos de valor social.

1. El Ministerio de Industria, Energía y Turismo promoverá los números específicos en el rango de numeración que comienza por 116 y fomentará la prestación de los servicios para los que están reservados tales números.

2. El Ministerio de Industria, Energía y Turismo adoptará las iniciativas pertinentes para que los usuarios finales con discapacidad puedan tener acceso a los servicios prestados en el rango de numeración que comienza por 116 en la mayor medida posible.

3. Las autoridades responsables de la prestación de los servicios prestados en el rango de numeración que comienza por 116 velarán por que los ciudadanos reciban una información adecuada sobre la existencia y utilización de estos servicios.

Se modifica por el art. 3.15 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

TÍTULO III

Obligaciones de servicio público y derechos y obligaciones de carácter público en la explotación de redes y en la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas

CAPÍTULO I

Obligaciones de servicio público

Artículo 20. Delimitación de las obligaciones de servicio público.

1. Este capítulo tiene por objeto garantizar la existencia de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público, de adecuada calidad en todo el territorio nacional a través de una competencia y una libertad de elección reales, y tratar las circunstancias en que las necesidades de los usuarios finales no se vean atendidas de manera satisfactoria por el mercado.

2. Los operadores se sujetarán al régimen de obligaciones de servicio público y de carácter público, de acuerdo con lo establecido en este título. Cuando se impongan obligaciones de servicio público, conforme a lo dispuesto en este capítulo, se aplicará

con carácter supletorio el régimen establecido para la concesión de servicio público determinado por el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio.

3. El cumplimiento de las obligaciones de servicio público en la explotación de redes públicas y en la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas para los que aquéllas sean exigibles se efectuará con respeto a los principios de igualdad, transparencia, no discriminación, continuidad, adaptabilidad, disponibilidad y permanencia y conforme a los términos y condiciones que reglamentariamente se determinen.

4. Corresponde al Ministerio de Ciencia y Tecnología el control y el ejercicio de las facultades de la Administración relativas a las obligaciones de servicio público y de carácter público a que se refiere este artículo.

Artículo 21. Categorías de obligaciones de servicio público.

Los operadores están sometidos a las siguientes categorías de obligaciones de servicio público:

- a) El servicio universal en los términos contenidos en la sección 2.ª de este capítulo.
- b) Otras obligaciones de servicio público impuestas por razones de interés general, en la forma y con las condiciones establecidas en la sección 3.ª de este capítulo.

Sección 2.ª El servicio universal

Artículo 22. Concepto y ámbito de aplicación.

1. Se entiende por servicio universal el conjunto definido de servicios cuya prestación se garantiza para todos los usuarios finales con independencia de su localización geográfica, con una calidad determinada y a un precio asequible.

Bajo el mencionado concepto de servicio universal se deberá garantizar, en los términos y condiciones que reglamentariamente se determinen por el Gobierno, que:

- a) Todos los usuarios finales puedan obtener una conexión a la red pública de comunicaciones electrónicas desde una ubicación fija siempre que sus solicitudes se consideren razonables en los términos

que reglamentariamente se determinen. La conexión debe permitir realizar comunicaciones de voz, fax y datos, a velocidad suficiente para acceder de forma funcional a Internet. La conexión a la red pública de comunicaciones con capacidad de acceso funcional a Internet deberá permitir comunicaciones de datos en banda ancha a una velocidad en sentido descendente de 1Mbit por segundo. El Gobierno podrá actualizar esta velocidad de acuerdo con la evolución social, económica y tecnológica, teniendo en cuenta los servicios utilizados por la mayoría de los usuarios.

b) Se satisfagan todas las solicitudes razonables de prestación de un servicio telefónico disponible al público a través de la conexión a que se refiere el párrafo anterior, que permitan efectuar y recibir llamadas nacionales e internacionales.

c) Se ponga a disposición de los abonados al servicio telefónico disponible al público una guía general de números de abonados, ya sea impresa o electrónica, o ambas, que se actualice, como mínimo, una vez al año. Asimismo, que se ponga a disposición de todos los usuarios finales de dicho servicio, incluidos los usuarios de teléfonos públicos de pago, al menos un servicio de información general sobre números de abonados. Todos los abonados al servicio telefónico disponible al público tendrán derecho a figurar en la mencionada guía general, sin perjuicio, en todo caso, del respeto a las normas que regulen la protección de los datos personales y el derecho a la intimidad.

d) Exista una oferta suficiente de teléfonos públicos de pago u otros puntos de acceso público a la telefonía vocal en todo el territorio nacional, que satisfaga razonablemente las necesidades de los usuarios finales, en cobertura geográfica, en número de aparatos u otros puntos de acceso, accesibilidad de estos teléfonos por los usuarios con discapacidades y calidad de los servicios y, que sea posible efectuar gratuitamente llamadas de emergencia desde los teléfonos públicos de pago sin tener que utilizar ninguna forma de pago, utilizando el número único de llamadas de emergencia 112 y otros números de emergencia españoles.

e) Los usuarios finales con discapacidad tengan acceso a los servicios incluidos en los párrafos b), c) y d) de este apartado, a un nivel equivalente al que disfrutaran otros usuarios finales.

f) Se ofrezcan a los consumidores que sean personas físicas, de acuerdo con condiciones transparentes, públicas y no discriminatorias, opciones o paquetes de tarifas que difieran de las aplicadas en condiciones normales de explotación comercial con objeto de

garantizar, en particular, que las personas con necesidades sociales especiales puedan tener acceso a la red y a los servicios que componen el concepto de servicio universal. Con el mismo objeto podrán aplicarse, cuando proceda, limitaciones de precios, tarifas comunes, equiparación geográfica u otros regímenes similares a las prestaciones incluidas en este artículo.

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo supervisará la evolución y el nivel de la tarificación al público de los conceptos que forman parte del servicio universal, bien sean prestados por el operador designado, o bien se encuentren disponibles en el mercado en caso de que no se hayan designado operadores en relación con estos servicios, en particular en relación con los niveles nacionales de precios al consumo y de rentas.

2. Reglamentariamente se podrán adoptar medidas a fin de garantizar que los usuarios finales con discapacidad también puedan beneficiarse de la capacidad de elección de operadores de que disfruta la mayoría de los usuarios finales. Asimismo, podrán establecerse sistemas de ayuda directa a los consumidores que sean personas físicas con rentas bajas o con necesidades sociales especiales.

3. Todas las obligaciones que se incluyen en el servicio universal estarán sujetas a los mecanismos de financiación que se establecen en el artículo 24.

4. El Gobierno, de conformidad con la normativa comunitaria, podrá revisar el alcance de las obligaciones de servicio universal.

Se modifica el apartado 1 por el art. 3.16 del Real Decreto-ley 13/2012 de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

Se modifica el apartado 1.a) y c) por el art. 7.1 de la Ley 56/2007, de 28 de diciembre. [Ref. BOE-A-2007-22440.](#)

Artículo 23. Prestación del servicio universal.

1. El Ministerio de Ciencia y Tecnología podrá designar uno o más operadores para que garanticen la prestación del servicio universal a que se refiere el artículo anterior, de manera que quede cubierta la totalidad del territorio nacional. A estos efectos podrán designarse operadores diferentes para la prestación de diversos elementos del servicio universal y abarcar distintas zonas del territorio nacional.

2. El sistema de designación de operadores encargados de garantizar la prestación de los servicios, prestaciones y ofertas del servicio universal se establecerá mediante real decreto, con sujeción a los principios de eficacia, objetividad, transparencia y no discriminación.

En todo caso, contemplará un mecanismo de licitación pública para todos o algunos de dichos servicios, prestaciones y ofertas, que, con pleno respeto de los derechos anteriormente señalados, deberá utilizarse cuando de un proceso de consulta pública resulte que varios operadores están interesados en ser designados para garantizar la prestación del servicio universal en una zona geográfica determinada, con carácter exclusivo o en competencia con otros operadores. Estos procedimientos de designación se podrán utilizar como medio para determinar el coste neto derivado de las obligaciones asignadas, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 24.1.

3. Cuando el operador designado para la prestación del servicio universal se proponga entregar una parte o la totalidad de sus activos de red de acceso local a una persona jurídica separada distinta de distinta propiedad, informará con la debida antelación al Ministerio de Industria, Energía y Turismo a fin de evaluar las repercusiones de la operación prevista en el suministro de acceso desde una ubicación fija y la prestación de servicios telefónicos, de conformidad con el artículo 22. El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, como consecuencia de la evaluación realizada, podrá imponer, modificar o suprimir obligaciones específicas al operador designado.

4. El Ministerio de Industria, Energía y Turismo podrá establecer objetivos de rendimiento aplicables al operador u operadores designados para la prestación del servicio universal.

5. El Ministerio de Industria, Energía y Turismo notificará a la Comisión Europea las obligaciones de servicio universal impuestas al operador u operadores designados para el cumplimiento de obligaciones de servicio universal, así como los cambios relacionados con dichas obligaciones o con el operador u operadores designados.

Se añaden los apartados 3 a 5 por el art. 3.17 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442](#).

Artículo 24. Coste y financiación del servicio universal.

1. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones determinará si la obligación de la prestación del

servicio universal puede implicar una carga injustificada para los operadores obligados a su prestación. En caso de que se considere que puede existir dicha carga injustificada, el coste neto de prestación del servicio universal será determinado periódicamente de acuerdo con los procedimientos de designación previstos en el artículo 23.2, o en función del ahorro neto que el operador conseguiría si no tuviera la obligación de prestar el servicio universal. Este ahorro neto se calculará de acuerdo con el procedimiento que se establezca reglamentariamente.

2. El coste neto de la obligación de prestación del servicio universal será financiado por un mecanismo de compensación, en condiciones de transparencia, por todas o determinadas categorías de operadores en las condiciones fijadas en los apartados siguientes de este artículo. Mediante real decreto se fijarán los términos y condiciones en los que se harán efectivas las aportaciones al citado mecanismo de compensación.

3. En caso de aplicarse total o parcialmente un mecanismo de reparto entre los operadores referidos en el apartado anterior y una vez fijado este coste, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones determinará las aportaciones que correspondan a cada uno de los operadores con obligaciones de contribución a la financiación del servicio universal.

Dichas aportaciones, así como, en su caso, las deducciones y exenciones aplicables, se fijarán en las condiciones que se establezcan en el reglamento citado en el apartado anterior.

Las aportaciones recibidas se depositarán en el Fondo nacional del servicio universal, que se crea por esta ley.

4. El Fondo nacional del servicio universal tiene por finalidad garantizar la financiación del servicio universal.

Los activos en metálico procedentes de los operadores con obligaciones de contribuir a la financiación del servicio universal se depositarán en este fondo, en una cuenta específica designada a tal efecto. Los gastos de gestión de esta cuenta serán deducidos de su saldo, y los rendimientos que éste genere, si los hubiere, minorarán la contribución de los aportantes.

En la cuenta podrán depositarse aquellas aportaciones que sean realizadas por cualquier persona física o jurídica que desee contribuir, desinteresadamente, a la financiación de cualquier prestación propia del servicio universal.

Los operadores sujetos a obligaciones de prestación del servicio universal recibirán de este fondo la cantidad correspondiente al coste neto que les supone dicha obligación, calculado según el procedimiento establecido en este artículo.

La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones se encargará de la gestión del Fondo nacional del servicio universal. Mediante real decreto se determinará su estructura, organización, mecanismos de control y la forma y plazos en los que se realizarán las aportaciones.

Asimismo podrá prever la existencia de un mecanismo de compensación directa entre operadores cuando la magnitud del coste no justifique los costes de gestión del fondo.

Sección 3.ª Otras obligaciones de servicio público

Artículo 25. Otras obligaciones de servicio público.

1. El Gobierno podrá, por necesidades de la defensa nacional, de la seguridad pública o de los servicios que afecten a la seguridad de las personas o a la protección civil, imponer otras obligaciones de servicio público distintas de las de servicio universal a los operadores.

2. El Gobierno podrá, asimismo, imponer otras obligaciones de servicio público, previo informe de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, motivadas por:

a) Razones de cohesión territorial.

b) Razones de extensión del uso de nuevos servicios y tecnologías, en especial a la sanidad, a la educación, a la acción social y a la cultura.

c) Razones de facilitar la comunicación entre determinados colectivos que se encuentren en circunstancias especiales y estén insuficientemente atendidos con la finalidad de garantizar la suficiencia de su oferta.

d) Por necesidad de facilitar la disponibilidad de servicios que comporten la acreditación de fehaciencia del contenido del mensaje remitido o de su remisión o recepción.

3. Mediante real decreto se regulará el procedimiento de imposición de las obligaciones a las que se refiere el apartado anterior y su forma de financiación.

4. En cualquier caso, la obligación de encaminar las llamadas a los servicios de emergencia sin derecho a contraprestación económica de ningún tipo debe ser asumida tanto por los operadores que presten servicios de comunicaciones electrónicas al público, como por los que exploten redes públicas de comunicaciones electrónicas. Esta obligación se impone a dichos operadores respecto de las llamadas dirigidas al número telefónico 112 de atención a emergencias y a otros que se determinen mediante real decreto, incluidas aquellas que se efectúen desde teléfonos públicos de pago, sin que sea necesario utilizar ninguna forma de pago en estos casos.

En todo caso, el servicio de llamadas de emergencia será gratuito para los usuarios, cualquiera que sea la Administración pública responsable de su prestación y con independencia del tipo de terminal que se utilice.

Asimismo, se establecerán las condiciones para que pongan gratuitamente a disposición de las autoridades receptoras de dichas llamadas la información relativa a la ubicación de su procedencia.

Reglamentariamente, se establecerán criterios para la precisión y la fiabilidad de la información facilitada sobre la ubicación de las personas que efectúan llamadas a los servicios de emergencia.

El acceso a los servicios de emergencia para los usuarios finales con discapacidad será equivalente al que disfrutaban otros usuarios finales.

Las autoridades responsables de la prestación de los servicios 112 velarán por que los ciudadanos reciban una información adecuada sobre la existencia y utilización de este número, en particular, mediante iniciativas específicamente dirigidas a las personas que viajen a otros países comunitarios.

Se modifica el apartado 4 por el art. 3.18 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

CAPÍTULO II

Derechos de los operadores a la ocupación del dominio público, a ser beneficiarios en el procedimiento de expropiación forzosa y al establecimiento a su favor de servidumbres y de limitaciones a la propiedad

Artículo 26. Derecho de ocupación del dominio público.

1. Los operadores tendrán derecho, en los términos de este capítulo, a la ocupación del dominio público en la medida en que ello sea necesario para el establecimiento de la red pública de comunicaciones electrónicas de que se trate.

2. Los órganos encargados de la redacción de los distintos instrumentos de planificación territorial o urbanística deberán recabar de la Administración General del Estado el oportuno informe sobre las necesidades de redes públicas de comunicaciones electrónicas en el ámbito territorial a que se refieran.

Los instrumentos de planificación territorial o urbanística deberán recoger las necesidades de redes públicas de comunicaciones electrónicas contenidas en los informes emitidos por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y garantizarán la no discriminación entre los operadores y el mantenimiento de condiciones de competencia efectiva en el sector.

Artículo 27. Derecho de ocupación de la propiedad privada.

1. Los operadores también tendrán derecho, en los términos de este capítulo, a la ocupación de la propiedad privada cuando resulte estrictamente necesario para la instalación de la red en la medida prevista en el proyecto técnico presentado y siempre que no existan otras alternativas económicamente viables, ya sea a través de su expropiación forzosa o mediante la declaración de servidumbre forzosa de paso para la instalación de infraestructura de redes públicas de comunicaciones electrónicas. En ambos casos tendrán la condición de beneficiarios en los expedientes que se tramiten, conforme a lo dispuesto en la legislación sobre expropiación forzosa.

2. La aprobación del proyecto técnico por el órgano competente de la Administración General del Estado llevará implícita, en cada caso concreto, la declaración de utilidad pública y la necesidad de ocupación para la instalación de redes públicas de comunicaciones electrónicas, a efectos de lo previsto en la legislación de expropiación forzosa.

3. Con carácter previo a la aprobación del proyecto técnico, se recabará informe de la comunidad autónoma competente en materia de ordenación del territorio, que habrá de ser emitido en el plazo máximo de 15 días desde su solicitud. No obstante, previa solicitud de la comunidad autónoma, este plazo será ampliado hasta dos meses si el proyecto afecta a un área geográfica relevante.

4. En las expropiaciones que se lleven a cabo para la instalación de redes públicas de comunicaciones electrónicas cuyos titulares tengan impuestas obligaciones de servicio público indicadas en el artículo 22 o en los apartados 1 y 2 del artículo 25, se seguirá el procedimiento especial de urgencia establecido en la Ley de Expropiación Forzosa, cuando así se haga constar en la resolución del órgano competente de la Administración General del Estado que apruebe el oportuno proyecto técnico.

Artículo 28. Normativa aplicable a la ocupación del dominio público y la propiedad privada.

1. En la autorización de ocupación del dominio público será de aplicación, además de lo previsto en esta ley, la normativa específica relativa a la gestión del dominio público concreto de que se trate y la regulación dictada por su titular en aspectos relativos a su protección y gestión.

2. Asimismo será de aplicación en la ocupación del dominio público y la propiedad privada para la instalación de redes públicas de comunicaciones electrónicas la normativa específica dictada por las Administraciones públicas con competencias en medio ambiente, salud pública, seguridad pública, defensa nacional, ordenación urbana o territorial y tributación por ocupación del dominio público, en los términos que se establecen en el artículo siguiente.

Artículo 29. Límites de la normativa a que se refiere el artículo anterior.

1. La normativa a que se refiere el artículo anterior deberá, en todo caso, reconocer el derecho de ocupación del dominio público o la propiedad privada para el despliegue de las redes públicas de comunicaciones electrónicas de conformidad con lo dispuesto en este título. En cumplimiento de la normativa de la Unión Europea, se podrán imponer condiciones al ejercicio de este derecho de ocupación por los operadores, que estarán justificadas por razones de protección del medio ambiente, la salud pública, la seguridad pública, la defensa nacional o la ordenación urbana y territorial. La entidad de la limitación que entrañen para el ejercicio de ese derecho deberá resultar proporcionada en relación con el concreto interés público que se trata de salvaguardar.

Estas condiciones o límites, que deberán ser transparentes y no discriminatorios, no podrán implicar restricciones absolutas al derecho de ocupación del dominio público y privado de los operadores. En este sentido, cuando una condición

podiera implicar la imposibilidad de llevar a cabo la ocupación del dominio público o la propiedad privada, el establecimiento de dicha condición deberá ir acompañado de las alternativas necesarias, entre ellas el uso compartido de infraestructuras, para garantizar el derecho de ocupación de los operadores y su ejercicio en igualdad de condiciones.

2. Las normas que se dicten por las correspondientes Administraciones, de conformidad con lo dispuesto en el artículo anterior, deberán cumplir, al menos, los siguientes requisitos:

a) Ser publicadas en un diario oficial del ámbito correspondiente a la Administración competente. De dicha publicación y de un resumen de ésta, ajustado al modelo que se establezca mediante orden del Ministro de Ciencia y Tecnología, así como del texto de las ordenanzas fiscales municipales que impongan las tasas por utilización privativa o aprovechamientos especiales constituidos en el suelo, subsuelo o vuelo de las vías públicas municipales contempladas en el artículo 24.1.c) de la Ley 39/1988, de 28 de diciembre, reguladora de las Haciendas Locales, y del de cuantas disposiciones de naturaleza tributaria afecten a la utilización de bienes de dominio público de otra titularidad se deberán dar traslado a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones a fin de que ésta publique una sinopsis en internet.

b) Prever un procedimiento rápido, sencillo, eficiente y no discriminatorio de resolución de las solicitudes de ocupación, que no podrá exceder de seis meses contados a partir de la presentación de la solicitud, salvo en caso de expropiación.

c) Garantizar la transparencia de los procedimientos y que las normas aplicables fomenten una competencia leal y efectiva entre los operadores.

d) Garantizar el respeto de los límites impuestos a la intervención administrativa en esta ley en protección de los derechos de los operadores. En particular, las solicitudes de información que se realicen a los operadores deberán ser motivadas, tener una justificación objetiva, ser proporcionadas al fin perseguido y limitarse a lo estrictamente necesario.

3. Si las Administraciones públicas reguladoras o titulares del dominio público a que se refiere este artículo ostentan la propiedad o ejercen el control directo o indirecto de operadores que explotan redes públicas de comunicaciones electrónicas o servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público, deberán mantener una separación estructural

entre dichos operadores y los órganos encargados de la regulación y gestión de estos derechos.

Se modifica el párrafo 2 del apartado 1, el párrafo b) del apartado 2 y el apartado 3, por el art. 3.19 a 21 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

Artículo 30. Ubicación compartida y uso compartido de la propiedad pública o privada.

1. Cuando los operadores tengan derecho a la ocupación de la propiedad pública o privada, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, previo trámite de audiencia pública y de manera motivada, podrá imponer la utilización compartida del dominio público o la propiedad privada en que se van a establecer las redes públicas de comunicaciones electrónicas o el uso compartido de las infraestructuras y recursos asociados.

2. Cuando los operadores tengan derecho a la ocupación de la propiedad pública o privada y no puedan ejercitar por separado dichos derechos, por no existir alternativas por motivos justificados en razones de medio ambiente, salud pública, seguridad pública u ordenación urbana y territorial, la Administración competente en dichas materias, previo trámite de información pública, acordará la utilización compartida del dominio público o la propiedad privada en que se van a establecer las redes públicas de comunicaciones electrónicas o el uso compartido de las infraestructuras en que se vayan a apoyar tales redes, según resulte necesario.

3. El uso compartido se articulará mediante acuerdos entre los operadores interesados. A falta de acuerdo, las condiciones del uso compartido se establecerán, previo informe preceptivo de la citada Administración competente, mediante Resolución de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. Dicha resolución deberá incorporar, en su caso, los contenidos del informe emitido por la Administración competente interesada que ésta califique como esenciales para la salvaguarda de los intereses públicos cuya tutela tenga encomendados.

4. Cuando en aplicación de lo dispuesto en este artículo se imponga el uso compartido de instalaciones radioeléctricas emisoras pertenecientes a redes públicas de comunicaciones electrónicas y de ello se derive la obligación de reducir los niveles de potencia de emisión, deberán autorizarse más emplazamientos si son necesarios para garantizar la cobertura de la zona de servicio.

5. Las medidas adoptadas de conformidad con el presente artículo deberán ser objetivas, transparentes, no discriminatorias y proporcionadas. Cuando proceda, estas medidas se aplicarán de forma coordinada con las autoridades locales.

Se modifica el apartado 1 y se añade el apartado 5, por el art. 3.22 y 23 del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. [Ref. BOE-A-2012-4442.](#)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS



¡LA SOLUCIÓN COMPLETA!



SMARTGATE de **SMARTFI** es la primera estación base, tipo celular de acceso punto a multipunto, altamente optimizada para lograr una cobertura máxima con un número mínimo de sitios de instalación, para que cualquier persona o empresa, pueda otorgar servicios de Internet, datos o video vía inalámbrica en cualquier Ciudad, población, municipio, etc.

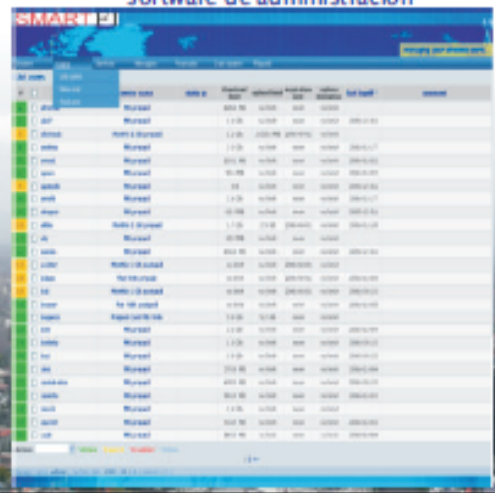
La estación base **SMARTGATE** ha sido cuidadosamente diseñada para proporcionar la mejor cobertura de la industria inalámbrica, sin complejos protocolos de red, y sin la necesidad de una alta cantidad de instalaciones, gracias a su gran capacidad de cobertura.

SMARTGATE es una estación base multiradio con 6 antenas sectoriales inteligentes en su interior, de muy alta tecnología y un algoritmo de procesamiento de señales para proporcionar una inigualable cobertura, ya que no requiere línea de vista hacia el usuario final, logrando con esto una penetración nunca antes vista.

La estación base **SMARTGATE** proporcionar cobertura optimizada, usando hasta un 70% menos de puntos de acceso que otros sistemas inalámbricos para cubrir la misma zona como campus, fraccionamientos, Hospitales, Centros comerciales municipios, e incluso la cobertura inalámbricos para toda una Ciudad.

Prevé el despliegue a muy bajo costo y muy rápido aprovisionamiento con la mayor cobertura y ancho de banda.

software de administracion



- ➔ Extensión de cobertura inigualable, sin línea de vista (NLOS) Hasta 600 metros a la redonda directo a laptops, hasta 3 kms en el interior de las casas con modem interno y hasta 40 kms en exteriores con modem externo de facil instalacion.
- ➔ La tecnología de antenas inteligentes, proporciona flexibilidad en 360 grados y otorga amplia cobertura con un mínimo de sombras de señal en ambientes urbanos densos.
- ➔ Multiradio para maximizar el ancho de banda tanto ascendente como descendente de hasta 180 MBps de capacidad REAL! y capacidad de mas de 1000 usuarios asociados
- ➔ Modulación adaptativa y tecnología de transmisión (OFDM) Logrando una penetración entre obstáculos como: arboles, paredes edificios y ventanas. Sin precedentes.
- ➔ Administración y gestión de clientes via Internet, desde cualquier lugar del mundo.

ESPECIFICACIONES GENERALES

Radio

WiFi 802.11a/b/g

Modo de Funcionamiento Punto de Acceso
Frecuencias de operación: modelo SG-6-24: 4.12-2.483 Ghz
modelo SG6-52: 5.150-5450 y modelo SG 5-58: 5.725-5.850

WIMAX 802.16e, En: 2.3, 2.5, 3.3, 3.5, 3.7 Ghz

Potencia de transmisión : 4 Watts EIRP por sector,

24 Watts EIRP al aire en 360 grados

sensibilidad de recepción (típico)

802.11b DSSS

11Mbps -107 dBm

1Mbps -99 dBm

802.11 a/g y 802.16e OFDM

54 Mbps -89 dBm

6 Mbps -87 dBm

Capacidad

180 Mbps de ancho de banda real ocupable en 360 grados
procesador: 1.8Ghz, 256Mhz en Ram

Conexión ethernet RJ45 10/100/1000 GB

Más de 1000 usuarios asociados y

Hasta 250 usuarios simultáneos (Navegando) y

Hasta 200 llamadas voip simultáneas y

Hasta 100 conexiones de video simultáneas (streaming)

Antenas internas

6 sectoriales de 60° horizontal 30° vertical

802,11a/b/g

Frecuencias: 2.3-2.5 Ghz, 3.3-3.7Ghz y 5.2-6.0 Ghz

Ganancia: 12 dBi (Max.)

Polarización: Dual, Vertical / Horizontal

3dB Ancho de Haz Horizontal: 60° + 30°

3dB Ancho de Haz Vertical: 30° + 10°

VSWR: <2

Red Inalámbrica

Punto de acceso (Access Point)

Configuración de fábrica del nombre de red que se mostrará a los usuarios.

DHCP Cliente y DHCP Servidor /

NAT Dinámico

VPN Pass-Through

Administración

Software de Administración y gestión de usuarios basada en Web y configurable desde cualquier lugar del mundo

Actualización remota del Firmware

Seguridad

Autenticación de Sistema Abierto

Encriptación AES DE 128 bits

Control de Acceso Basado en user y password configurable desde el software de administración

Alimentación

Desde 87 a 256 Volts CA

Consumo 30 watts Maximo

Dimensiones

Peso: 6.5 kg. (Peso unitario)

Altura: 60 cms.

Ancho: 25 cms. de circunferencia

Montaje para mástil, torre o piso firme

Módems de usuario final interno y externo



Con el módem de usuario final indoor (CPEI) y el modem de usuario final outdoor (cpeo) los clientes, pueden conectarse a una distancia de hasta 3 kms. y 40 kms respectivamente a la redonda de la estación base

También se pueden ocupar diferentes adaptadores WIFI o WIMAX para diferentes coberturas y aplicaciones

CONTACTO

INFORMES Y VENTAS

+52 (222) 298 05 77

ventas@smartfi.com.mx

WWW.SMARTFI.COM.MX



ALB-450: Professional 802.16 Base Station License-exempt 5 GHz ETSI and FCC bands



Product Overview

Albentia Systems proudly introduces the ALB-450 series of 802.16-2004 point-multipoint Base Station system operating in the 5 GHz license-exempt ETSI/FCC bands.

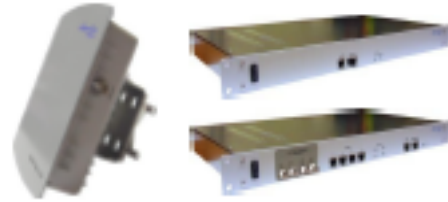
The ALB-450 series belongs to the high performing and well proven ALB-400 family of single-sector and multiple-sector 802.16-2004 Base Stations. ALB-400 Base Stations can be used to provide Point-Multipoint wireless connectivity to ALB-200 Subscriber Stations operating in slave mode.

These Base Stations comply with the IEEE 802.16-2004 standard and provide up to 35 Mbps Ethernet aggregated throughput per sector.

The highly scalable architecture of these Base Stations has been optimized to maximize the functionality, offering extensive QoS control on multiple differentiated services and users, total control on the network parameters, ARQ, data encryption and advanced management interfaces.

ALB-450 is based on a robust hardware platform specifically designed for professional applications, with best-in-class performance radio which allows unprecedented coverage in the worst scenarios.

The system is built based on industrial-grade components with protection against shock and vibration in order to allow professional point-multipoint applications like video transmission and backhaul networks in the toughest scenarios.



Thanks to the use of wider channel bandwidths of up to 10 MHz, this solution is able to provide an outstanding throughput-coverage performance comparable to expensive licensed band high power base stations.

The ALB-450/250 Point-Multipoint solution has been specifically designed for professional applications, so that network control overhead has been minimized in order to provide the maximum throughput and the highest MAC layer efficiency (up to 94%)

System integration, user and service provisioning is supported by a powerful and intuitive management system based on SNMP, web, command line interface and an innovative XML-RPC open protocol for remote management.

System Description

The ALB-450 Base Stations are easily scalable into multiple-sector configurations, and provide access connectivity to an unlimited number of ALB-250 stations operating in slave mode.

A single-sector ALB-450 base station comprises an outdoor radio unit connected to an indoor power supply injector via a standard cat5 Ethernet cable which carries data and power. The outdoor unit houses all baseband and radio electronics in a compact and robust weather-proof IP67 enclosure.

Multiple-sector Base Stations can be configured by connecting several outdoor units to a single rack-mount indoor unit which synchronizes all sectors in order to cancel TDD inter-sector interferences.

This family of Base Stations implement the most advanced functionality of the IEEE 802.16-2004 standard, like ARQ, support to all QoS classes, multiple convergence sublayers and unlimited differentiated service flows per user to allow triple-play applications.



albentia systems s.a. - C/ Margallo Salas, 23 - Parque Tecnológico Leganés
28918 Madrid (Spain) Tel: +34 91 440 0645 - Fax: +34 91 440 0647 - www.albentia.com

PRODUCT HIGHLIGHTS

Professional IEEE 802.16-2004 Base Station for the unlicensed 5 GHz bands

Compatible with ALB-250 professional Subscriber Stations

IEEE 802.16-2004 standard compliance

Single/multiple-sector configurations

Up to 35 Mbps Ethernet aggregated net throughput per sector

Full QoS support: BE, RTPS, nRTPS and UGS

ARQ (Automatic Repeat Request)

Available in ETSI 5470-5725 MHz and FCC 5725-5875 MHz bands

Advanced networking functionality: Bridging, routing, VLAN, NAT

SNMP, web, CLI and XML management

Outdoor easy installation

Low power consumption

System Specifications

Radio parameters			
Frequency Band	5470-5725 MHz (ETSI) or 5725-5875 MHz (FCC). See ordering options.		
Modulation	OFDM IEEE 802.16-2004 - 256 subcarriers, cyclic prefix 1/4, 1/8, 1/16 or 1/32		
Supported channel bandwidth	1.75, 3.5, 7 and 10 MHz		
Adaptive modulation	BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM		
FEC code rate	1/2, 2/3 and 3/4 concatenated Reed-Solomon and Viterbi		
Maximum output power	+24 dBm (+20 dBm for 64QAM-3/4)		
Transmit power control	+40 dB		
Duplexing method	TDD (Time Division Duplexing)		
Uplink/Downlink allocation	Programmable from 4:1 to 1:4		
TDD synchronization	External or internal reference (10 MHz, 1pps). Requires ARBA-ICU unit		
Antenna connector	N-type, 50 ohms		
RF parameters	Modulation	Sensitivity (1.75 MHz)	Sensitivity (10 MHz)
	BPSK-1/2	-99.5 dBm	-92 dBm
	QPSK-1/2	-96.5 dBm	-89 dBm
	QPSK-3/4	-94 dBm	-86.5 dBm
	16QAM-1/2	-91 dBm	-83.5 dBm
	16QAM-3/4	-87.5 dBm	-80 dBm
64QAM-1/2	-83.5 dBm	-76 dBm	
64QAM-3/4	-81.5 dBm	-74 dBm	
Data traffic and Throughput			
Maximum over-the-air data rate	37.7 Mbps (64QAM-3/4, 10 MHz BW)		
Ethernet aggregated throughput	35 Mbps (64QAM-3/4, 10 MHz BW)		
ARQ support	Yes, per IEEE 802.16-2004 standard - Selectable per service flow		
Simultaneous registered users	Unlimited		
Encryption	AES and 3DES		
Quality of Service (QoS)			
Supported QoS types	UGS, RTPS, nRTPS and BE (IEEE 802.16-2004 standard)		
Service differentiation	Layer-2	MAC source/destination address, EtherType, VLAN tag	
	Layer-3	DSCP ToS, IP source/destination address and subnet, Protocol type	
	Layer-4	TCP, UDP source/destination port range	
Differentiated service flows	Unlimited differentiated services per user		
Management and Provisioning			
Management local interfaces	Web, Command-Line Interface		
Management remote interfaces	SNMP, XML-RPC		
User and service local provisioning	XML local database		
User and service centralized provisioning	AAA Radius, LDAP, XML-RPC		
Network functionality			
Layer-2 Network functionality	Bridging (IEEE 802.1), VLAN (IEEE 802.1q)		
Layer-3 Network functionality	Static/Dynamic routing, NAT, DHCP server/client		
Supported OS	Ethernet, IPv4/Ethernet, VLAN, IPv4/VLAN		
Networking modes	Bridge mode, IP routing		
Data interface	10/100 Base-T Ethernet RJ45		
Physical, Mechanical and Electrical			
Size	395 x 295 x 95 mm		
Outdoor Unit Weight	3.2 kg		
Power Supply	Basic	802.3af compliant (PoE)	
	Optional	12 or 48 Volts (separate connector for solar panel supply)	
Power Consumption	<10 Watts (full traffic conditions)		
Standards Compliance			
Modulation	IEEE 802.16-2004		
Radio	ETSI EN 301 880, ETSI EN 302 902		
Environmental	ETSI EN 300 019-1-4 C4-1E (ODU), ETSI EN 300 019-1-3 C3.2 (IDU)		

ORDERING INFORMATION

Outdoor Units		Indoor Units	
ALB-450	ALB-400 base station system 5470-5725 MHz	ALB-PS/E	Power supply injector (included in all ALB-400 base systems)
ALB-450	ALB-400 base station system 5725-5875 MHz	ALB-IDU-1	Single-sector rack-mount indoor unit with sync external reference
		ALB-IDU-4	Four sector rack-mount indoor unit with sync external or internal reference
		ALB-IDU-CH	Multiple-sector rack-mount indoor chassis



ARBA-550: WiMAX Base Station Series

License-exempt 5 GHz ETSI and FCC bands

Product Overview

Alentia Systems proudly introduces the ARBA-550 series, the first truly WiMAX interoperable Base Station system operating in the 5 GHz license-exempt ETSI/FCC bands.

The ARBA-550 series belongs to the high performing and well proven ARBA-500 family of single-sector and multiple-sector WiMAX Base Stations

These Base Stations comply with the IEEE 802.16-2009 standard and provide the highest net throughput in the industry thanks to the high data-rate OFDM physical layer and the outstanding efficiency of the MAC layer.

ARBA-550 is based on a robust hardware platform with best-in-class performance radio which allows unprecedented coverage in the worst scenarios.

The highly scalable architecture of these Base Stations has been optimized to maximize the functionality, offering extensive QoS control on multiple differentiated services and users, total control on the network parameters, ARQ, data encryption and advanced management interfaces.

ARBA-550 has shown interoperability with many low-cost CPEs manufactured by multiple vendors, enabling CAPEX optimization based on the customer's particular needs.



Thanks to the use of wider channel bandwidths of up to 10 MHz, this solution is able to provide an outstanding throughput-coverage performance comparable to expensive licensed band high power base stations, and far beyond proprietary systems operating in license-exempt bands.

ARBA-550 is an easy to install and low power consumption solution perfectly suited for rural WiMAX deployments, supporting solar-based power supply.

System integration, user and service provisioning is supported by a powerful and intuitive management system based on SNMP, web, command line interface and an innovative XML-RPC open protocol for remote management.

System Description

The ARBA-550 Base Stations are easily scalable into multiple-sector configurations, and provide access connectivity to a wide range of Subscriber Stations from residential low-cost CPEs to professional/industrial terminals.

A single-sector ARBA-550 base station comprises an outdoor radio unit connected to an indoor power supply injector via a standard cat5 Ethernet cable which carries data and power. The outdoor unit houses all baseband and radio electronics in a compact and robust weather-proof IP67 enclosure.

Multiple-sector Base Stations can be configured by connecting several outdoor units to a single rack-mount indoor unit which synchronizes all sectors in order to cancel TDD inter-sector interferences.

This family of Base Stations implement the most advanced functionality of the IEEE 802.16-2009 standard, like ARQ, support to all QoS classes, multiple convergence sub-layers and unlimited differentiated service flows per user to allow triple-play applications.



alentia systems s.a. - C/ Margarita Salas, 22 - Parque Tecnológico Leganés
28118 Madrid (SPAIN) Tel: +34 91 440 9545 - Fax: +34 91 440 0547 - www.alentia.com

PRODUCT HIGHLIGHTS

Industry's first interoperable WiMAX Base Station in the 5 GHz band

IEEE 802.16-2009 (WiMAX) standard compliance

Single/multiple-sector configurations

Best-in-class net spectral efficiency of 3.5bps/Hz

Full QoS support: BE, RTPS, nRTPS and UGS

ARQ (Automatic Repeat Request)

Available in ETSI 5470-5725 MHz and FCC 5725-5825 MHz bands

Advanced networking functionality: Bridging, routing, VLAN, NAT

SNMP, web, CLI and XML-RPC management

Outdoor easy installation

Low power consumption

System Specifications

Radio parameters			
Frequency Band	5470-5725 MHz (ETSI) or 5725-6025 MHz (FCC). See model in ordering options.		
Modulation	OFDM IEEE 802.16-2009 - 256 subcarriers, cyclic prefix 1/4, 1/8, 1/16 or 1/32		
Supported channel bandwidth	1.75, 3.5, 7 and 10 MHz		
Adaptive modulation	BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM		
FEC code rate	1/2, 2/3 and 3/4 concatenated Reed-Solomon and Viterbi		
Maximum output power	+20 dBm		
Transmit power control	+40 dB		
Duplexing method	TDD (Time Division Duplexing)		
Uplink/Downlink allocation	Programmable from 4:1 to 1:4		
Dynamic Frequency Selection	Yes		
TDD synchronization	External or internal references (10 MHz, tpsa). Requires ARBA-HDU unit		
Antenna connector	N-type, 50 ohms		
RF parameters	Modulation	Sensitivity (1.75 MHz)	Sensitivity (10 MHz)
	BPSK-1/2	-96.5 dBm	-92 dBm
	QPSK-1/2	-96.5 dBm	-93 dBm
	QPSK-3/4	-94 dBm	-95.5 dBm
	16QAM-1/2	-91 dBm	-93.5 dBm
	16QAM-3/4	-87.5 dBm	-90 dBm
	64QAM-2/3	-83.5 dBm	-76 dBm
64QAM-3/4	-81.5 dBm	-74 dBm	
Data traffic and Throughput			
Maximum over-the-air data rate	37.7 Mbps (64QAM-3/4, 10 MHz BW)		
MaxEthernet aggregated throughput	34.8 Mbps		
ARQ support	Yes, per IEEE 802.16-2009 standard - Selectable per service flow		
Simultaneous registered users	Lite	30	
	Full	Unlimited	
Encryption	AES and 3DES		
Quality of Service (QoS)			
Supported QoS types	UGS, RTPS, rRTPS and BE (IEEE 802.16-2009 standard)		
Service differentiation	Layer-2	MAC source/destination address, EtherType, VLAN tag	
	Layer-3	DSCP ToS, IP source/destination address and subnet, Protocol type	
	Layer-4	TCP, UDP source/destination port range	
Differentiated service flows	Basic	One bidirectional service per user	
	Advanced (3)	Unlimited differentiated services per user	
Management and Provisioning			
Management local interfaces	Web, Command-Line Interface		
Management remote interfaces	SNMP, XML-RPC		
User and service local provisioning	XML local database		
User and service centralized provisioning	AAA Radius, LDAP, XML-RPC		
Network functionality			
Layer-2 Network functionality	Bridging (IEEE 802.1), VLAN (IEEE 802.1q)		
Layer-3 Network functionality	Static/Dynamic routing, NAT, DHCP server/client		
Supported OS	Ethernet, IPv4Ethernet, VLAN, IPv6toVLAN		
Networking modes	Bridge mode, IP routing		
Data interface	10/100 Base-T Ethernet RJ45		
Physical, Mechanical and Electrical			
Size	285 x 225 x 80 mm		
Package Size	365 x 265 x 95 mm		
Outdoor Unit Weight	3.2 kg		
Power Supply	Basic	802.3af compliant (PoE)	
	Optional	12 or 48 Volts (separate connector for solar panel supply)	
Power Consumption	<16 Watts (full traffic conditions)		
Standards Compliance			
WiMAX	IEEE 802.16-2009 OFDM PHY		
Radio	ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502		
Environmental	ETSI EN 300 019-1-4 G4.1E (COU), ETSI EN 300 019-1-3 G3.2 (DOU)		

ORDERING INFORMATION

Outdoor Units	Options
ARBA-500-P* ARBA-500 - FULL: unlimited users, capacity & services CoS	ARBA-500-USR License unlimited user upgrade for ARBA-500-L to ARBA-500-P
ARBA-500-L* ARBA-500 - LITE: 30 users, unlimited capacity and services CoS	ARBA-500-PP-USR License user (single user) for ARBA-500-PP
ARBA-500-BP* ARBA-500 - Basic Platform: 0 users & 1500000bps	ARBA-500-CCoS License total CoS and capacity for ARBA-500-BP
*MODEL 506 Frequency range 5470-5725 MHz	
*MODEL 508 Frequency range 5725-6025 MHz	

Especificaciones

Oficinas Centrales Corporativas
a nivel Internacional
Alvarion Ltd.
21a HaBarzel Street
P.O. Box 13139
Tel Aviv, Israel 69710

Contáctanos en:
sales@alvarion.com

Para información local en su área,
por favor ingrese a
www.alvarion.com

PTP (P6000)

Configuraciones

No. de Radios P6000-350: 1 Radio
P6000-600: 2 Radios*
P6000-LE: 2 Radios*

Radio & Modem

Caudal Bruto P6000-350: 300Mbps
P6000-600: 600Mbps*
P6000-LE: 2x300Mbps*

Alcance Hasta de 50km / 31 millas
120 km / 75 millas* (con alta ganancia de antena)
Nota: Para P600-LE alcance es por dirección

Frecuencia 4.9 GHz*, 5.1-5.9 GHz

Tipo de Radio MIMO (2x2), OFDM TDD

Modulación OFDM, BPSK, QPSK, QAM16, QAM64

Canal BW 5*, 10*, 20, 40 MHz

Potencia de Salida Hasta de 24 dBm (depende de la regulación)
(Hasta de 27dBm dos cadenas Tx)

Antena Antena Interna:
4.9 - 5.9 GHz, 8* polarización dual, 23 dBi
Antena Externa:
4.9-5.9 GHz, 8* 4*, polarización dual, 23 / 28 dBi, Tipo N 50 ohm

Operación en Red & Gestión
Estándares

Estándares 802.1p/Q, IEEE 802.3 CSMA/CD, 802.3at (PoE Fuera), SNMPv2, MIB II, WMM

DSCP, procesamiento rápido de paquetes, MIR por dirección (UL/DL),
concentración, modo burst, optimización de paquetes pequeños para dar soporte a voz, QoS,
Tipo Ethernet, Puerto TCP/UDP, VLAN-ID

Seguridad Autenticación: ESSID, protección de Contraseña, Clave previamente compartida (PSK)
Codificación de Datos: WPA2 AES 128 bit - 802.11i

Gestión Local/monitoreo remoto via interfaz de la Web, Telnet, CLI, SNMP y configuración
de la carga/descarga (upload/download)

Gestión Remota Via LAN o liga inalámbrica

Control de acceso Contraseña de niveles múltiples, configuración de dirección remota
(Solo desde Ethernet, solo inalámbrica, o ambos lados)

Actualización & Configuración Via TFTP, Web

Físicas & Ambientales

Dimensiones 44 x 38 x 13 cm (17.32 x 14.96 x 5.12 in.)

Peso P6000-350: 7 kg (15.43 lbs.); todos los otros: 6.2 kg (13.67 lbs.)

Temperatura -40°C a 55°C (-40°F a 130°F)

Humedad 5% - 95% sin condensación, protegido contra inclemencias ambientales

Eléctricas

Consumo de Energía $\leq 6W$

Potencia de entrada 100-240 VAC, 50-60Hz

Interfases 1 x 10/100/1000BaseT (PoE In), 1 x 10/100/1000BaseT 802.3at (PoE fuera)

Cumplimiento

Radio FCC P15.267, FCC P15.607, ETSI: EN 302 502 (v1.2.1), EN 301 893 (v1.5.1),
IC RSS-210 (Canadá)

EMC FCC P15 Clase B, EN65022 Clase B, ETSI: EN 301 489-V-17

Seguridad EN 60950-1, EN 60950-22

Ambiental EN 300 019 parte P2-4 Class A, IE, IP&7

* En Roadmap

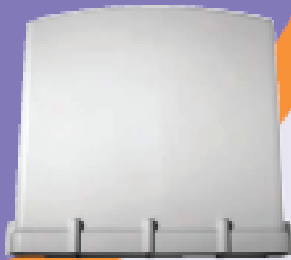
Acerca de Alvarion

Alvarion Ltd. (NASDAQ:ALVR) suministra soluciones inalámbricas optimizadas de banda ancha enfocadas a los retos de conectividad, cobertura y capacidad de los operadores de telecomunicaciones, ciudades inteligentes, seguridad, y clientes empresariales. Nuestras innovadoras soluciones están basadas en tecnologías múltiples para espectros licenciados y no licenciados. (www.alvarion.com)



www.alvarion.com

© Copyright 2012 Alvarion Ltd. Todos los derechos reservados. Alvarion, su logo y todas las marcas, productos y nombres de servicio a que se refiere el presente documento son ya sus marcas registradas, marca, nombres comerciales o marcas de servicio de Alvarion Ltd. en ciertas jurisdicciones. Todos aquellos otros nombres van a pertenecer a sus marcas comerciales de sus respectivos propietarios. El contenido del presente documento está sujeto a cambio sin previo aviso. Cualquier orden de compra ingresado y suministro real de productos y/o componentes de licencia están sujetos a los términos y Condiciones Generales de Alvarion y/o a cualquier otro acuerdo escrito entre las partes. La información del manual es suministrada solamente para propósitos de información, y no representa un compromiso para emitir ningún producto, características y/o funcionalidades.



MicroMAXd

Main Features

- Cost optimized for lower density applications
 - Modular and scalable architecture
 - All outdoor integrated baseband digital processing, radio and antenna
 - Up to 16 radios per mast
- Supports WIMAX Forum™ profiles in 700 MHz, 1.4 GHz, 1.5 GHz, 1.9 GHz, 2.3 GHz, 2.5 GHz, 2.8 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 3.7 GHz, 4.9 GHz, 5.1 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz and in 5.9 GHz bands
- BPSK/QPSK/16QAM/64QAM adaptive modulation
- Full duplex FDD and TDD operation
- Advanced software features
 - Full IEEE 802.16 QoS service classes
 - Full 802.1d transparent bridging
 - IEEE 802.1q/p VLAN tagging/untagging
 - Bridging and routing functionality

MicroMAXd Base Station

MicroMAXd is a single mode fixed (802.16d) highly integrated micro-cell base station with all-in-one outdoor packaging of RF and base-band components. Performance optimized variants for high density roof-top deployments and cost optimized

variants for low density / rural deployments are available.

MicroMAXd is an outdoor solution for Fixed WIMAX applications with an indoor traffic aggregator.

- IEEE 802.16-2004 certified for FDD and TDD operation
- Widely deployed around the world
- Highly modular architecture
- Ideal for lower density deployments

MicroMAXd is a complete standalone base station, with a feature-rich and robust offering.

The MicroMAXd base station is highly modular in design and consists of two main components: the all-outdoor Base Station Radios (BSR) and the Indoor aggregator Base Station Distribution Unit (BSDU), or the single channel Data Adaptor.

Each base station site can contain up to 16 BSRs, depending on the amount of available spectrum. Each BSR is connected to the BSDU via a 100BaseT interface operating over a Cat5e cable, which carries both data and power over a distance of 300m with Cat5e repeater. Each BSDU can support up to 8 BSRs.

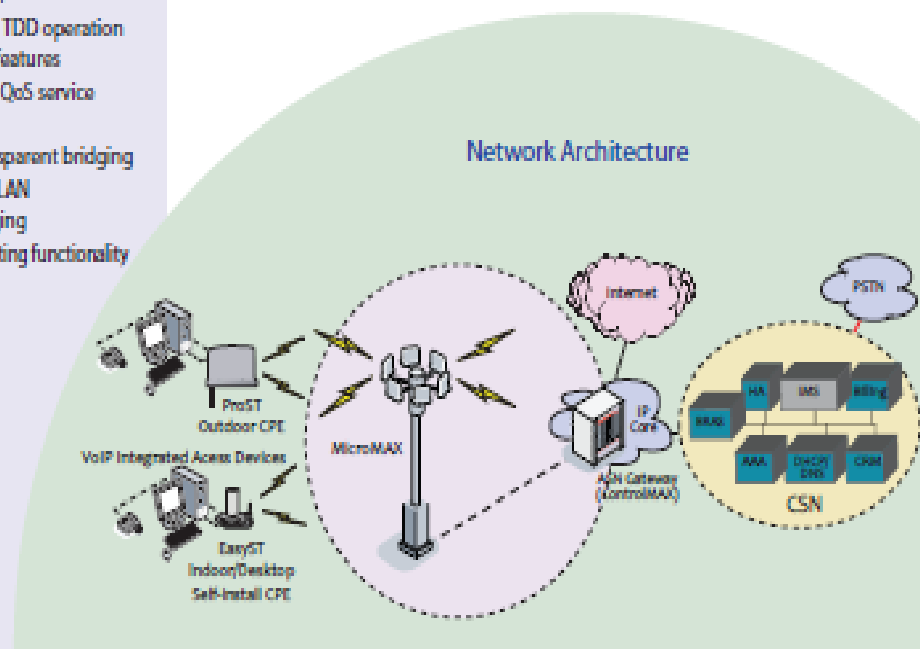
MicroMAXd is designed to support lower density, rural broadband access,

enterprise applications and DSL in-fill scenarios in both licensed (700 MHz, 1.4, 1.5, 1.9, 2.3, 2.5, 2.8, 3.3-3.8 TDD and FDD, 4.9 and 5.9 GHz) and unlicensed (5.1, 5.4 and 5.8 GHz) bands.

One of the key features of the MicroMAXd BSR is that it requires less than 28W power, making it ideally suited for those rural deployments where power generation and supply may be a problem.

MicroMAXd operating in unlicensed bands can be used by Wireless ISPs to deploy WIMAX easily and cost effectively wherever the need is identified.

The MicroMAXd base stations is managed by Netspan, Airspan's SNMP based element management platform.



Technical Datasheet - Base Stations

Leading fixed WiMAX Base Station	MicoMAXd
Standards Compliance	IEEE802.16-2004
Form Factor	Split Indoor / Outdoor
Frequency Bands	700 MHz, 1.4, 1.5, 1.8, 2.1, 2.5, 2.7, 3.3-3.8 TDD/FDD, 4.9-5.95 GHz
Channel Size	10, 5, 3.5, 3, 2.75, 2.5, 1.75, 1.5 MHz
FFT	25k
Duplex Method	TDD, FDD
Tx Power (Frequency band dependant)	+27 dBm in most bands, +32 dBm in 4.9-5.95 GHz
Maximum ERP per sector	44 dBm
GPS Synchronization	Distributed
Uplink Sub-Channelization	Yes
Dynamic Frequency Selection (DFS)	Yes
Ethernet CS	Yes
Network Interface	100 Gb Ethernet
End to End VLAN (802.1Q)	Yes
Network VLAN Traffic Segregation	Yes
Supported Usage Scenarios	Nomadic, Fixed
Authentication	PSK
Environmental (outdoor elements)	ETS 300 019-1-4 Class 4-1E
Environmental (indoor elements)	ETS 300 019-1-3 Class 3.2

Note: Specifications are subject to change without notice and are for information purposes only.



Estaciones suscriptoras WiMAX

IEEE 802.16-2009— Interoperables Banda Libre 5 GHz

La familia de Estaciones Base WiMAX ARBA-500, desarrollada por Albentia Systems, ha demostrado interoperabilidad con Estaciones Suscriptoras (CPEs) de múltiples fabricantes. Tanto la Estación Base como los CPEs se ajustan al estándar IEEE 802.16-2009.



Esta interoperabilidad permite conectar diferentes tipos de CPEs simultáneamente a una misma Estación Base, lo que facilita la elección del CPE adecuado en función de las necesidades concretas de cada escenario, tanto de interiores como exteriores, para aplicaciones residenciales y profesionales, con capacidad para soporte de VoIP y video profesional.

CPE Outdoor Residencial



- Descripción:** CPE Residencial. Unidad de Intemperie. Carcasa de plástico
- Origen:** Canadá
- Aplicación:** Acceso Radio en Banda Ancha a clientes residenciales. Aplicaciones de bajo coste
- Modelos:** Variantes de antena: 16 dBi, 20 dBi, 24 dBi o conector N para antena externa
- Ventajas:** Bajo coste

CPE Outdoor Profesional

- Descripción:** CPE Profesional. Unidad de Intemperie con carcasa de aluminio. Alto throughput neto. Plataforma robusta para aplicaciones profesionales
- Origen:** Ucrania
- Aplicación:** Acceso Radio en Banda Ancha a clientes corporativos. Servicios de alta capacidad
- Modelos:** Variantes de antena: 23 dBi o conector N para antena externa
- Ventajas:** Robustez hardware, mayor capacidad



CPE Outdoor Carrier-Class



- Descripción:** CPE de altas prestaciones para aplicaciones profesionales e industriales. Equipo de Intemperie con carcasa de aluminio. 35 Mbps de throughput neto, número ilimitado de servicios diferenciados en sentido ascendente y descendente. Plataforma ruggedizada de rango industrial. Excelente sensibilidad, alta potencia de transmisión. Soporte de ARQ
- Origen:** España
- Aplicación:** Aplicaciones profesionales y corporativas de alta capacidad. Servicios críticos de datos, voz y video
- Modelos:** Variantes de antena: 23 dBi o conector tipo N para antena externa
- Ventajas:** Altas prestaciones. Gran robustez hardware. Máxima capacidad. Máximo rendimiento en aplicaciones críticas



CPE Outdoor - WiFi integrado



- Descripción:** CPE de exterior con Access Point WiFi 802.11 b/g integrado. Unidad Intemperie. Carcasa de plástico
- Origen:** Italia
- Aplicación:** Hot-Spots WiFi públicos con transporte WIMAX. Ideal para Ayuntamientos
- Modelos:** Antena integrada 18 dBI para transporte WIMAX, antena WiFi omnidireccional 5 dBI o conector SMA para antena WiFi externa
- Ventajas:** CPE WIMAX con Access Point WiFi en una misma unidad. Instalación sencilla y rápida

CPE Indoor - WiFi integrado

- Descripción:** CPE de interior con Access Point WiFi Integrado
- Origen:** Italia
- Aplicación:** Servicios de voz y datos a clientes residenciales
- Modelos:** Variantes de antena: 11 dBI o conector SMA para antena externa
- Ventajas:** No requiere obra ni instalación de antena en el exterior. Fácil instalación. Access Point WiFi Integrado



CPE Indoor Residencial



- Descripción:** CPE Indoor Residencial. Carcasa de plástico
- Origen:** Canadá
- Aplicación:** Acceso Radio en Banda Ancha a clientes residenciales. Aplicaciones de bajo coste
- Modelos:** Conector SMA para antena externa
- Ventajas:** Bajo coste. No requiere obra ni instalación de antena en el exterior. Fácil instalación y mantenimiento



Especificaciones

Radio parameters	Residential Outdoor	Residential Indoor	Dual Outdoor	Dual Indoor	Professional Outdoor	Carrier-class Outdoor	
Frequency Band	5150-5825 MHz		5125-5725 MHz	5150-5825 MHz		5470-5725 MHz or 5725-5875 MHz	
Modulation	OFDM IEEE 802.16-2009 - 256 subcarriers, cyclic prefix 1/4, 1/8, 1/16 or 1/32						
Supported channel bandwidth	3.5, 7, 10 MHz					1.75, 3.5, 7, 10 MHz	
Adaptive modulation	BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM						
FEC code rate	1/2, 2/3 and 3/4 concatenated Reed-Solomon and Viterbi						
Maximum output power	10 dBm	10 dBm	10 dBm	10 dBm	10 dBm	24 dBm	
Transmit power control	40 dB	40 dB	40 dB	40 dB	40 dB	> 40 dB	
Duplexing method	TDD (Time Division Duplexing)						
Integrated antenna	15/20/24 dBi or N-type connector	SMA connector	15dBi or N-type connector	11 dBi or SMA connector	23 dBi or N-type connector		
Sensitivity	@ 10 MHz	@ 10 MHz	@ 10 MHz	@ 10 MHz	@ 10 MHz	@ 10 MHz	
	BPSK-1/2	-89 dBm	-89 dBm	-89 dBm	-89 dBm	-89 dBm	-92 dBm
	QPSK-1/2	-86 dBm	-86 dBm	-86 dBm	-86 dBm	-86 dBm	-89 dBm
	QPSK-3/4	-83 dBm	-83 dBm	-83 dBm	-83 dBm	-83 dBm	-86 dBm
	16QAM-1/2	-80 dBm	-80 dBm	-80 dBm	-80 dBm	-80 dBm	-83 dBm
	16QAM-3/4	-77 dBm	-77 dBm	-77 dBm	-77 dBm	-77 dBm	-80 dBm
	64QAM-2/3	-73 dBm	-73 dBm	-73 dBm	-73 dBm	-73 dBm	-76 dBm
64QAM-3/4	-71 dBm	-71 dBm	-71 dBm	-71 dBm	-71 dBm	-74 dBm	
Data transmission							
Maximum over-the-air data rate	37.7 Mbps (64QAM-3/4, 10 MHz BW)						
Maximum net aggregated throughput	20 Mbps	20 Mbps	20 Mbps	20 Mbps	20 Mbps	35 Mbps	
Maximum differentiated service flows	16	16	16	16	16	Unlimited	
ARQ support	No	No	No	No	Yes	Yes	
Supported QoS types	UGG, RTPS, nRTPS and BE (IEEE 802.16-2009 Standard)						
Network functionality							
Layer-2 Network functionality	Bridging (IEEE 802.1)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	VLAN (IEEE 802.1q)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Layer-3 Network functionality	Static/Dynamic Routing	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	NAT	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
	DHCP server	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Supported OS	Ethernet, IPv4toEthernet, VLAN, IPv4toVLAN						
Networking modes	Bridge mode	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	IP routing	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Data interface	10/100 Base-T Ethernet RJ45						
Physical, Mechanical and Electrical							
Size (without antenna)	264 x 219 x 76 mm	117 x 105 x 30 mm	300 x 265 x 70 mm	185 x 65 x 117 mm	306 x 306 x 122 mm	305 x 285 x 95 mm	
Weight	810 gr (16 dBi)	378 gr	1.8 Kg	140 gr	3 kg	3.2 kg	
Power Supply	48 VDC PoE	48 VDC PoE	802.3af (PoE)	110-230 VAC or 12 VDC	48 VDC PoE	802.3af (PoE) 48VDC	
Power Consumption	<12 Watts	<12 Watts	<12 Watts	<12 Watts	<12 Watts	<10 Watts	

www.albenfia.com

The above specifications are subject to change and are for information purposes only. Albenfia Systems reserves the right to make changes to specifications and appearance of products described in this data sheet at any time without notice. © July 2008 Albenfia Systems SA

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Motorola 5.4 and 5.8 GHz Wi4 Fixed Point-To-Point Bridges – PTP 600 Series

Radio Technology	Remarks
RF band	5.725 GHz–5.850 GHz* 5.470 GHz–5.725 GHz*
Channel size	30 MHz
Channel selection/ dynamic frequency control	By intelligent (Dynamic Frequency Selection (D-FFS)) or manual intervention; automatic selection on start-up and continual adaptation to avoid interference; 10 MHz step size for WIMAX compatibility
Transmit power	Varies with modulation mode and settings from -7 dBm to 25 dBm
System gain	Integrated: Varies with modulation mode; up to 162 dB using 23 dBi integrated antenna** Connected: Varies with modulation mode and antenna type***
Receiver sensitivity	Adaptive, varying between -91 dBm and -98 dBm
Modulation	Dynamic; adapting between BPSK, single and 256 QAM dual
Error correction	FEC, ARQ
Duplex scheme	TDD ratio; Dynamic or Fixed; same or split frequency Tx/Rx
Antenna: type/gain/BAW	Integrated: Integrated flat plate 23 dBi / 7" Connected: Approved to operate with flat plate up to 28 dBi or parabolic dish up to 37.7 dBi; connected via 2 x N-type female
Range	Up to 124 miles (200 km)***
Security and encryption	Proprietary scrambling mechanism; optional FIPS-197 compliant 128- and 256-bit AES Encryption * Regulatory conditions for RF bands should be confirmed prior to system purchase ** Gain and maximum transmit power may vary based on regulatory domain *** In all cases the range limit is set by the latest software release

Ethernet Bridging & T1/E1

Protocol	IEEE 802.3
User data throughput	Integrated and Connected: Dynamically variable up to 300 Mbps at the Ethernet (aggregate) Integrated and Connected Lite: Dynamically variable up to 150 Mbps at the Ethernet (aggregate)
Latency	<1 ms each direction (typical)
Interface	10/100/1000 Base T (RJ-45) – auto MDI/MDIX, 1000 Base SX option
T1/E1 Interface	670303704 08230824 Integrated and Connected: Provides dual T1/E1 ports Integrated and Connected Lite: Provides a single T1/E1 port

Management & Installation

LED indicators	Power status, Ethernet link status and activity
System management	Web or SNMP using MIB1, WIMAX and private MIB; Canon® Prim
Installation	Built-in audio assistance for link optimization
Connection	Distance between outdoor unit and primary network connection: up to 330' (100 meters)

Physical

Dimensions	Integrated Outdoor Unit (ODU): Width 14.5" (370 mm), Height 14.5" (370 mm), Depth 3.75" (95 mm) Connected ODU: Width 12.2" (309 mm), Height 12.2" (309 mm), Depth 4.1" (105 mm) Powered Indoor Unit (PIDU Plus): Width 9.75" (250 mm), Height 1.5" (40 mm), Depth 3" (80 mm)
Weight	Integrated ODU: 12.1 lbs (5.5 kg) including bracket Connected ODU: 9.1 lbs (4.3 kg) including bracket PIDU Plus: 1.9 lbs (854 g)
Wind speed	150 mph (242 kph)
Power supply	Integrated with Indoor Unit
Power source	90–240 VAC, 50–60 Hz / 36–60V DC; redundant powering configurations supported
Power consumption	55 W max

Environmental & Regulatory

Operating temperature	-40°F (-40°C) to +140°F (+60°C), including solar radiation
Protection and safety	UL50950; IEC60950; EN60950; CSA C22.2 No. 60950
Radio	5.8 GHz: FCC Part 15, sub-part C.15.247, ETSI ComReg 0342, UK Approval (p/HR2007 5.4 GHz: EN 301 888
EMC	USA-FCC Part 15, Class B; Europe-EN 301 489-4



Motorola, Inc., 1300 E. Algonquin Road, Schaumburg, Illinois 60196 U.S.A. +1 877 875-0400 • www.motorola.com/ptp

MOTOROLA and the Stylized M Logo are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. All other product or service names are the property of their respective owners.
© Motorola, Inc. 2008

GPS Wi4 PTP 600 TS US 3-Jan-08