



**Universidad de Jaén**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

PLANIFICACIÓN DE UNA RED WI-MAX PARA  
DAR SERVICIO DE INTERNET EN LOCALIDADES  
PRÓXIMAS A LA SIERRA DE LA PANDERA  
(JAÉN).

**Alumno: PABLO ANTONIO AVILÉS CANO**

**Tutor:** Prof. D. JUAN PEDRO ROA GOMEZ  
**Depto.:** Ingeniería de Telecomunicación

**Mayo, 2016**



## RESUMEN

La evolución de las redes inalámbricas hace que se pueda llegar a zonas donde antes era casi imposible que se pudiera dar acceso. En lugar de tener que cablear o realizar obras complejas, las empresas prefieren cada vez más esa tecnología por la simplicidad del montaje y ahorro en los costes.

Este TFG realiza el diseño de una red WIMAX para poder dar servicio en zonas rurales donde es difícil poder acceder.

Para ello se debe hacer un estudio de viabilidad donde se indagará sobre la Ley General de Telecomunicaciones y la legislación respecto a la potencia permitida en WIMAX. También se verá la población a la que va dirigida la red principal y se realizará un estudio topográfico de la zona.

A lo largo de este proyecto se explicarán las características básicas de esta tecnología. Además se llevará a cabo un diseño de una implantación de red WIMAX en un entorno rural. Se intentará proponer arquitecturas e implementaciones lo más próximas a unas condiciones reales utilizando para ello dispositivos del mercado.

Finalmente se obtendrán una serie de conclusiones sobre las principales características de la tecnología WIMAX y del diseño realizado para el entorno rural.

## TABLA DE CONTENIDO

1- INTRODUCCIÓN.....	7
Definición WIMAX.....	7
1.1- OBJETIVO DEL PROYECTO .....	8
2- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	10
2.1- Introducción .....	10
2.1.1- Descripción del proyecto técnico .....	10
2.1.1- Motivación y condicionantes del mismo.....	10
2.1.2- Equipamiento.....	10
2.1.3- Conexión a la red .....	10
2.1.4- Conexión de las redes .....	11
2.1.5- Condiciones ambientales.....	11
2.1.6- Legislación .....	11
2.2- Detalles de la red .....	11
2.3- Dimensionado de la red .....	20
2.3.1- Red Primaria.....	20
2.3.2- Red Secundaria.....	22
2.3.3- Red de Acceso .....	27
2.4- PLANIFICACIÓN RADIOELECTRICA.....	28
2.5- ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS USADOS .....	45
2.6- EMISIONES RADIOELECTRICAS.....	48
3- PLANOS Y ESQUEMAS .....	49
4- PLIEGO DE CONDICIONES .....	53
5- PRESUPUESTO .....	56
6- CONCLUSIONES.....	58
7- BIBLIOGRAFIA.....	59
8- ENLACES DE INTERES .....	60
9- ANEXOS .....	61

## INDICE DE ILUTRACIONES

Ilustración 1. Imagen de la Sierra de la Pandera.....	8
Ilustración 2. Puntos de interés.....	13
Ilustración 3. Estación Militar. ....	15
Ilustración 4. Los Villares. ....	15
Ilustración 5. Valdepeñas de Jaén. ....	16
Ilustración 6. Fuensanta de Martos.....	16
Ilustración 7. El Parrizoso. ....	17
Ilustración 8. Otiñar.....	17
Ilustración 9. Puntos Wifi. ....	19
Ilustración 10. Dimensionado de la red. ....	20
Ilustración 11. Red secundaria Los Villares. ....	22
Ilustración 12. Red secundaria Valdepeñas de Jaén.....	23
Ilustración 13. Red secundaria Fuensanta de Martos. ....	24
Ilustración 14. Red secundaria El Parrizoso.....	25
Ilustración 15. Red secundaria Otiñar. ....	26
Ilustración 16. Enlace Pandera-Los Villares.....	29
Ilustración 17. Enlace Pandera-Valdepeñas de Jaén.....	30
Ilustración 18. Enlace Pandera-Repetidor Fuensanta de Martos. ....	31
Ilustración 19. Enlace Repetidor Fuensanta-Fuensanta de Martos. ....	32
Ilustración 20. Enlace Pandera-Parrizoso. ....	33
Ilustración 21. Enlace Pandera-Otiñar. ....	34
Ilustración 22. Enlace Pandera-Estación Militar. ....	35
Ilustración 23. Red Secundaria Los Villares 1.....	36
Ilustración 24. Red secundaria Los Villares 2.....	37
Ilustración 25. Red Secundaria Valdepeñas de Jaén 1.....	38
Ilustración 26. Red secundaria Valdepeñas de Jaén 2.....	39
Ilustración 27. Red secundaria Fuensanta de Martos 1. ....	40
Ilustración 28. Red secundaria Fuensanta de Martos 2. ....	41
Ilustración 29. Red secundaria El Parrizoso.....	42
Ilustración 30. Red secundaria Otiñar. ....	43
Ilustración 31. Interconexión de redes. ....	49
Ilustración 32. Puntos acceso WIFI.....	49
Ilustración 33. Cobertura La Pandera. ....	50
Ilustración 34. Cobertura Los Villares. ....	50
Ilustración 35. Cobertura Valdepeñas de Jaén.....	51
Ilustración 36. Cobertura Fuensanta de Martos. ....	51
Ilustración 37. Cobertura El Parrizoso.....	52
Ilustración 38. Cobertura Otiñar. ....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conexionado de redes. ....	11
Tabla 2. Situación Geográfica. ....	12
Tabla 3. Equipamiento red secundaria. ....	14
Tabla 4. Datos geográficos. ....	17
Tabla 5. Puntos WIFI. ....	18
Tabla 6. Localización Puntos WIFI. ....	19
Tabla 7. Distancias entre puntos. ....	19
Tabla 8. Red Primaria. ....	21
Tabla 9. Distancia en los Villares. ....	22
Tabla 10. Ancho de banda requerido 1. ....	23
Tabla 11. Distancia en Valdepeñas de Jaén. ....	23
Tabla 12. Ancho de banda requerido 2. ....	24
Tabla 13. Distancia en Fuensanta de Martos. ....	25
Tabla 14. Ancho de banda requerido 3. ....	25
Tabla 15. Distancia en el Parrizoso. ....	26
Tabla 16. Ancho de banda requerido 4. ....	26
Tabla 17. Distancia en Otiñar. ....	27
Tabla 18. Ancho de banda requerido 5. ....	27
Tabla 19. Enlace Pandera-Los Villares. ....	29
Tabla 20. Enlace Pandera-Valdepeñas de Jaén. ....	30
Tabla 21. Enlace Pandera-Repetidor Fuensanta de Martos. ....	31
Tabla 22. Enlace Repetidor Fuensanta-Fuensanta de Martos. ....	32
Tabla 23. Enlace Pandera-Parrizoso. ....	33
Tabla 24. Enlace Pandera-Otiñar. ....	34
Tabla 25. Enlace Pandera-Estación Militar. ....	35
Tabla 26. Red Secundaria Los Villares 1. ....	36
Tabla 27. Red secundaria Los Villares 2. ....	37
Tabla 28. Red Secundaria Valdepeñas de Jaén 1. ....	38
Tabla 29. Red secundaria Valdepeñas de Jaén 2. ....	39
Tabla 30. Red secundaria Fuensanta de Martos 1. ....	40
Tabla 31. Red secundaria Fuensanta de Martos 2. ....	41
Tabla 32. Red secundaria El Parrizoso. ....	42
Tabla 33. Red secundaria Otiñar. ....	43
Tabla 34. Punto acceso estación militar. ....	44
Tabla 35. Punto acceso el Parrizoso. ....	44
Tabla 36. Punto acceso Castillo Otiñar. ....	44
Tabla 37. Especificaciones. ....	45
Tabla 38. Especificaciones. ....	46
Tabla 39. Especificaciones. ....	47
Tabla 40. Presupuesto red primaria. ....	56
Tabla 41. Presupuesto red secundaria. ....	56
Tabla 42. Presupuesto red de acceso. ....	56
Tabla 43. Presupuesto TOTAL. ....	57

## 1- INTRODUCCIÓN

Debido a la existencia de zonas rurales a las que no llega con facilidad la tecnología a causa de poca población o dificultades económicas que permitan la instalación de redes, se intenta solucionar este problema dando servicio de banda ancha para que exista igualdad entre los habitantes de zonas rurales y de núcleos urbanos.

Es muy importante que pueda llegar internet a cualquier zona, es la tecnología que permite comunicarnos y obtener información al instante.

### Definición WIMAX

Es la tecnología firme candidata a ofrecer conexiones a Internet súper rápidas y con amplísima cobertura. Es una especie de WiFi por microondas con alcance superior a los 70 km y velocidades de hasta 124 Mbps. Permite tener una conexión similar a una ADSL tradicional con cable, pero sin él.

La diferencia con WiFi es su enorme distancia de cobertura y es mucho más rápida, tendremos cobertura incluso en movimiento.

Está pensado para construir una infraestructura de red cuando el entorno o distancia no es favorable para una red cableada (zonas rurales), también para conexiones entre empresas, o entre sedes e Internet. Wimax permite el acceso a banda ancha inalámbrica y de alta velocidad a un precio que todo el mundo pueda pagar y en cualquier sitio.

WiMax depende en su formulación y evolución de un consorcio multiempresa, el WIMAX Fórum, grupo de empresas que se encargan de diseñar las normas y estándares de la tecnología WiMAX y a probar todos los nuevos componentes que van surgiendo.

Es una tecnología de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16. Mediante el WIMAX podremos disfrutar del 4G.

Para que funcione es necesaria la instalación de antenas repetidoras situadas estratégicamente para dar servicio a determinadas zonas. Lo más importante es el transceptor de la estación base, una antena central que se comunica con las antenas de los abonados. Con una antena se da cobertura a más de 30 km a la redonda ofreciendo internet de calidad en las zonas rurales de forma rápida y económica, donde las tecnologías tradicionales no acceden, o bien, no les es rentable.

Se puede añadir más canales dependiendo de la regulación de cada país. Posee anchos de banda configurables y no cerrados sujetos a la relación de espectro. Se adapta a diferentes Topologías de red: Punto a punto, Punto-multipunto o bien de fijo, nómada y móvil. Soporta cientos de usuarios por canal, gracias a su ancho de banda. Además, transporte IP, Ethernet, ATM... y múltiples servicios simultáneamente.

## 1.1- OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar una red de banda ancha que permita interconectar diferentes entornos rurales y además permita el acceso a internet en algunas zonas determinadas. Trabajaremos en la Sierra de la Pandera, dando servicio a las localidades de Los Villares, Valdepeñas de Jaén, Fuensanta de Martos, Otiñar y El Parrizoso.



Ilustración 1. Imagen de la Sierra de la Pandera.

**La Pandera** con 1872 m de altitud es el punto más alto de la Sierra Sur de Jaén. En su cumbre se encuentra una estación militar.

**Los Villares** es una localidad y municipio español perteneciente a la provincia de Jaén, situado en la parte meridional de la comarca Metropolitana de Jaén. Se encuentra a unos 9 km al sur de Jaén. La totalidad del término municipal de Los Villares se encuentra enmarcada en el ámbito de lo que geográficamente se conoce como Sierras Subbéticas.

**Valdepeñas de Jaén** es un municipio situado al suroeste de la provincia de Jaén, Andalucía. Su extensión superficial es de 183 km<sup>2</sup> y tiene una densidad de 23,17 hab/km<sup>2</sup>. Sus coordenadas geográficas son 37°35' N, 3°49' O.

**El Parrizoso** se encuentra a la orilla del pantano del Quebrajano. Es una cortijada de casas bajas y pequeñas, típicas de las sierras de Jaén.

**Otiñar** es un paraje situado en el término municipal de Jaén, en la denominada Sierra Sur, situado a unos 13 km de la ciudad.

**Fuensanta de Martos** es un municipio español situado en la Comarca Metropolitana de Jaén de la provincia de Jaén. Limita con Martos, Los Villares y Valdepeñas de Jaén. Está situado a 725 m de altitud y posee 53,32 km<sup>2</sup> de superficie.

En la Sierra de la Pandera se encuentran las diferentes localidades a las que queremos llevar la red de banda ancha.

Debido a la complejidad de la geografía y del entorno, llevar redes de comunicación cableadas algunos de estos núcleos resulta altamente complicado y costoso, siendo la realidad que algunos de ellos no cuentan con accesos adecuados a la sociedad de la información.

Es por esto que se ha elegido esta Sierra como base sobre el cual se diseñará una red inalámbrica de banda ancha, que permita realizar una conexión Wimax que llegue a las localidades cercanas y además permita llevar acceso a Internet a algunos de sus núcleos.

Los pasos seguidos para realización del proyecto son los siguientes:

- **Replanteo:** Conociendo el terreno sobre el que se quiere trabajar, identificamos las zonas donde nos interesa colocar la red. Principalmente buscamos que sea accesible y llegue corriente eléctrica para poder conectar los equipos.

- **Diseño de la red:** Usamos las herramientas software Google Earth y Radio Mobile para realizar el diseño de la red. La ubicación de los puntos las hemos sacado a partir de Google Earth, donde hemos podido sacar ortofotos del terreno que ayudan a conocer mejor sus características. Con la herramienta Radio Mobile obtenemos los perfiles del terreno de los enlaces y estudiamos la viabilidad de éstos. Para conocer el alcance y la cobertura también hemos usado Radio Mobile.

- **Realización del proyecto técnico:** Consiste en el proyecto en sí, resultado de todos los pasos detallados anteriormente. Se ha realizado el proyecto siguiendo los apartados y estructura necesaria para poder ser visado por el Colegio en algún momento. La estructura es la siguiente:

- o **Memoria descriptiva:** En esta parte incluye una introducción que resume las características técnicas del proyecto, las especificaciones que se han de cumplir, el dimensionado de la red, la ubicación y las restricciones geográficas, los cálculos necesarios para la planificación radioeléctrica, la descripción de los equipos utilizados y las condiciones a cumplir en cuanto a emisiones.

- o **Planos y esquemas:** En este apartado se incluirá la materialización de los resultados obtenidos en la Memoria, incluyendo todos los esquemas de red y mapas de cobertura del proyecto.

- o **Pliego de condiciones:** El apartado se divide en dos subapartados. En el primero de condiciones particulares se describen todos los factores a tener en cuenta en el diseño de redes inalámbricas, centrándose en las tecnologías concretas usadas en el proyecto (normativas y licencias necesarias). En el segundo se describen las condiciones generales, que son aquellas condiciones que son comunes a todos los proyectos que incluyan despliegues de infraestructuras (parámetros y características de los equipos y certificado de declaración de conformidad).

- o **Presupuesto de ejecución:** Por último se presentará el coste de llevar a cabo el despliegue descrito en los apartados anteriores. Se dividen en costes recurrentes (coste de la operación, mantenimiento y mano de obra de ambas tareas) y costes no recurrentes (coste de los elementos de la instalación, de los materiales y de la mano de obra de la configuración de la red).

## **2- MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **2.1- Introducción**

#### **2.1.1- Descripción del proyecto técnico**

El proyecto consiste en conectar mediante radioenlaces las localidades pertenecientes a la Sierra de la Pandera. El punto principal estará situado en la Sierra. Se proporcionará internet a algunos puntos de las localidades donde no haya alcance a otros servicios de banda ancha.

El proyecto está dividido en tres partes:

- Red principal: Interconexión de las localidades de Los Villares, Fuensanta de Martos, Valdepeñas de Jaén, Otiñar y el Parrizoso con la Sierra de la Pandera mediante tecnología WiMax que trabaja a una frecuencia de 2.4GHz.
- Red secundaria: Interconexión dentro de cada localidad entre puntos de interés. Utilizaremos también tecnología Wimax a 2.4GHz.
- Acceso a internet: Red de acceso mediante tecnología WiFi para los usuarios cercanos a los puntos establecidos dentro de cada uno de las localidades. La red estará formada por puntos de acceso WiFi según el estándar 802.11g que se conectarán directamente a la red principal o a la red secundaria según el caso concreto.

#### **2.1.1- Motivación y condicionantes del mismo**

Se desea llegar a dar servicio en una zona a la que es difícil acceder mediante conexiones cableadas. Facilitar a los ciudadanos el acceso a Internet y permitir que puedan conectarse con servicios de acuerdo a la época en la que vivimos.

#### **2.1.2- Equipamiento**

Para las redes primarias y secundarias necesitaremos equipos Wimax.

Para dar acceso a internet necesitaremos puntos de acceso Wifi que soporten en estándar 802.11g. Estos puntos estarán configurados para ofrecer encriptación. Los conectaremos en el interior de edificios y se conectarán a las antenas que estarán en el exterior.

#### **2.1.3- Conexión a la red**

Como queremos dar servicio a internet debemos estar conectados, nuestro punto principal en la Sierra de la Pandera tendrá acceso a Internet.

#### 2.1.4- Conexión de las redes

Red Principal	Red Secundaria	Acceso a Internet
SIERRA DE LA PANDERA	Los Villares	Internet
	Valdepeñas de Jaén	
	Fuensanta de Martos	
	El Parrizoso	
	Otiñar	

Tabla 1. Conexión de redes.

#### 2.1.5- Condiciones ambientales

No existen limitaciones ambientales, sólo tener en cuenta que los equipos estarán conectados en el exterior y deben estar preparados para ello.

#### 2.1.6- Legislación

La legislación aplicable en cuanto a telecomunicaciones y gestión del espectro radioeléctrico es la siguiente:

- *Regulación de Telecomunicaciones: Ley General de Telecomunicaciones 32/2003.*
- *Emisiones Radioeléctricas: RD1066/2001 y Orden CTE/23/2002.*
- *Gestión del Espectro Radioeléctrico: Orden CTE/630/2002 y Notas UN-85 y UN-128.*

### 2.2- Detalles de la red

La red global consta de una red primaria, una red secundaria y la red de acceso a Internet vía Wifi. A continuación detallaremos cada una.

- **Red primaria:** se trata de la red que da conexión desde la Sierra de la Pandera hasta los distintos municipios que queremos llegar. Una vez dado el servicio a éstos, implantaremos la red secundaria en estos municipios. Los siguientes municipios son donde vamos a trabajar:
  - Sierra de la Pandera: será el principal punto donde a partir de ahí conectaremos los demás municipios. Está situado en el centro de los municipios pero a diferente altura de cada uno.
  - Valdepeñas de Jaén: municipio situado a 26.1 km de la Sierra de la Pandera. Conectado a la red principal, posteriormente conectaremos la red secundaria para tener servicio en el mismo pueblo.
  - Los Villares: municipio situado a 20 km de la Sierra de la Pandera. Conectado a la red principal, posteriormente conectaremos la red secundaria para tener servicio en el mismo pueblo.
  - Fuensanta de Martos: municipio situado a 24.9 km de la Sierra de la Pandera. Conectado a la red principal, posteriormente conectaremos la red secundaria para tener servicio en el mismo pueblo. Como no disponemos de un buen enlace directo con la Pandera vamos a usar un repetidor que haga que la señal llegue con garantías.

- Otiñar: municipio situado a 30.1 km de la Sierra de la Pandera. Conectado a la red principal, posteriormente conectaremos la red secundaria para tener servicio en el mismo pueblo.
- El Parrizoso: municipio situado a 33 km de la Sierra de la Pandera. Conectado a la red principal, posteriormente conectaremos la red secundaria para tener servicio en el mismo pueblo.

El equipamiento de la red principal debe cumplir las siguientes características técnicas mínimas:

- Los equipos inalámbricos deben emitir en canales de banda libre según las normas de la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones (CMT) y el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).
- Se deben implementar caminos alternativos para la interconexión de los distintos puntos de manera que la red sea robusta y resistente a las posibles caídas de algunos de los enlaces principales.
- Los equipos utilizados deberán soportar los anchos de banda requeridos para proporcionar el servicio deseado. Además, se deberá dejar un margen de ancho de banda disponible para futuras expansiones de la red.
- Los equipos deben poder ser configurables y actualizables utilizando el interfaz aire, con el fin de poder llevar a cabo estas acciones de manera remota.
- Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos. Todos los conectores deberán estar convenientemente sellados.

#### Situación de los puntos

La situación geográfica de los municipios a interconectar es la siguiente:

Nombre	Latitud	Longitud	Altura	Habitantes
<b>La Pandera</b>	37°37'54.91" N	3°46'25.66" O	1827 m	4
<b>Los Villares</b>	37°41'03.79"	3°49'04.54" O	640 m	5999
<b>Valdepeñas de Jaén</b>	37°35'31.4" N	3°48'54.53" O	931 m	3926
<b>Fuensanta de Martos</b>	37°38'41.56"N	3°54'25.10"O	729 m	3160
<b>Repetidor Fuensanta de Martos</b>	37°38'30" N	3°52'18" O	1213 m	-
<b>El Parrizoso</b>	37°37'53.59"N	3°44'32.36"O	936 m	13
<b>Otiñar</b>	37°40'47.49 N	3°45'24.42" O	666 m	4

Tabla 2. Situación Geográfica.

En la siguiente fotografía se pueden apreciar todos los puntos:



Ilustración 2. Puntos de interés.

**-Red secundaria:** La red secundaria está compuesta por los equipos que interconectan las estructuras con la red primaria. El ancho de banda soportado será menor que el soportado por la red principal, pero estará dimensionado para soportar tanto el tráfico generado en el propio edificio municipal, como el generado por los usuarios que lleguen mediante la red de acceso WiFi (en los lugares donde se provea acceso mediante WiFi).

- Sierra de la Pandera:
  - Estación militar
- Los Villares:
  - Ayuntamiento
  - Biblioteca
- Valdepeñas de Jaén:
  - Ayuntamiento
  - Biblioteca
- Fuensanta de Martos:
  - Ayuntamiento
  - Polideportivo
- El Parrizoso:
  - Centro localidad
- Otiñar:
  - Castillo

El equipamiento de la red secundaria debe cumplir las siguientes características:

- Los equipos inalámbricos deben emitir en canales de banda libre según las normas de la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones (CMT) y el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).
- Los equipos utilizados deberán soportar los anchos de banda requeridos para proporcionar el servicio deseado. El ancho de banda asignado a cada zona es resultado de un estudio previo sobre el número de usuarios que se van a conectar, del tipo de servicios que van a utilizar normalmente y de la importancia relativa de la ubicación.
- Los equipos deben soportar encriptación para tener conexiones seguras.
- Los equipos deben implementar el protocolo SNMP, con el fin de que puedan ser monitorizados remotamente.
- Los equipos deben disponer de un puerto Ethernet 10/100 Base T que permita la interconexión a otra electrónica de red o a otros equipos radio directamente.
- Los equipos deben poder ser configurable y actualizados utilizando el interfaz aire, con el fin de poder llevar a cabo estas acciones de manera remota.
- Los equipos deben disponer del marcado CE, el cual autoriza y asegura que cumplen las condiciones necesarias para ser utilizados de la Comunidad Económica Europea.
- Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos. Todos los conectores deberán estar convenientemente sellados.

NÚCLEO	ZONA MUNICIPAL	ANCHO DE BANDA
SIERRA DE LA PANDERA	ESTACIÓN MILITAR	1Mbps
LOS VILLARES	AYUNTAMIENTO	4Mbps
	BIBLIOTECA	2Mbps
VALDEPEÑAS DE JAÉN	AYUNTAMIENTO	4Mbps
	BIBLIOTECA	2Mbps
FUENSANTA DE MARTOS	AYUNTAMIENTO	4Mbps
	POLIDEPORTIVO	2Mbps
EL PARRIZOSO	CENTRO LOCALIDAD	1Mbps
OTIÑAR	CASTILLO	1Mbps

Tabla 3. Equipamiento red secundaria.

El ancho de banda que se requiere en cada localización es estimado en función de los habitantes de dicho punto. En la Sierra de la Pandera, El Parrizoso y Otiñar los habitantes la mayor parte del tiempo son temporales y es suficiente con el ancho de banda anterior. En Los Villares, Valdepeñas de Jaén y Fuensanta de Martos se requiere mayor ancho de banda y creemos que es suficiente con el indicado.

## Situación de los puntos a interconectar

Vamos a detallar los puntos dentro de cada núcleo:

- Sierra de la Pandera:
  - Estación militar

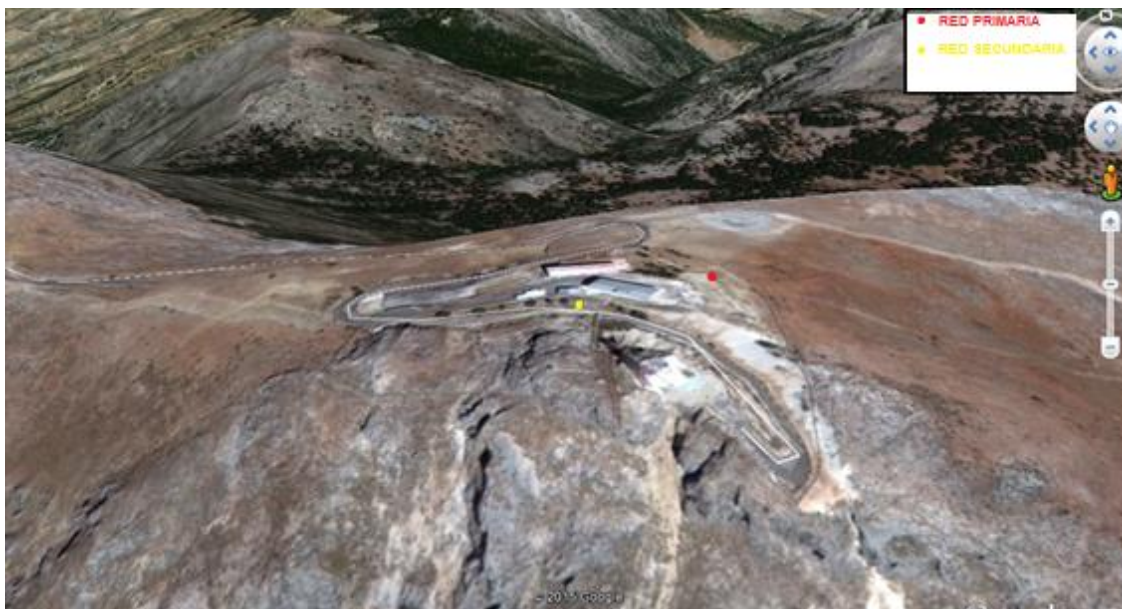


Ilustración 3. Estación Militar.

- Los Villares:
  - Ayuntamiento
  - Biblioteca



Ilustración 4. Los Villares.

- Valdepeñas de Jaén:
  - Ayuntamiento
  - Biblioteca



Ilustración 5. Valdepeñas de Jaén.

- Fuensanta de Martos:
  - Ayuntamiento
  - Polideportivo



Ilustración 6. Fuensanta de Martos

- El Parrizoso:
  - Centro localidad



Ilustración 7. El Parrizoso.

- Otiñar:
  - Castillo

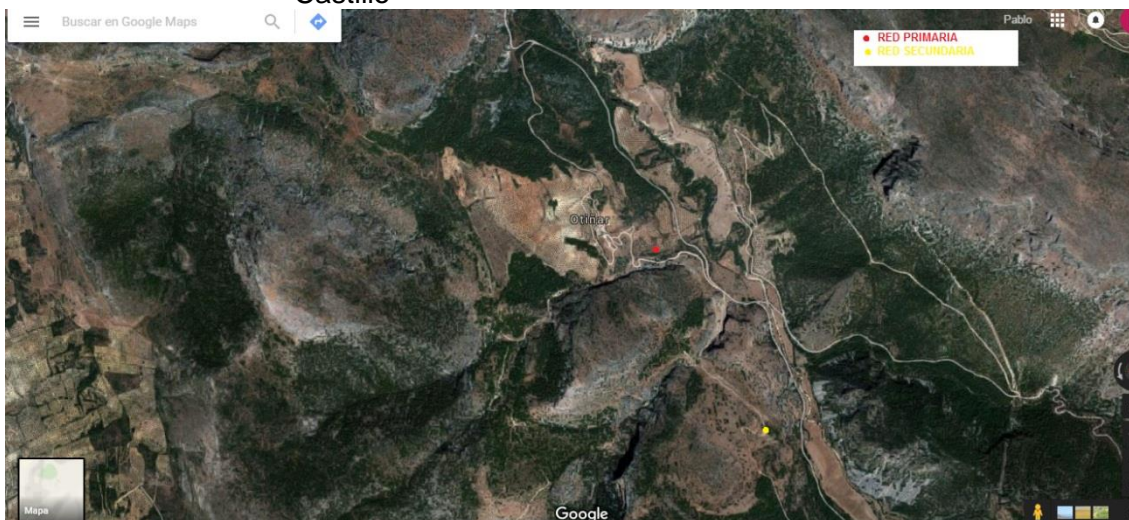


Ilustración 8. Otiñar.

Localidad	Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
<b>Sierra la Pandera</b>	Estación Militar	37,630788	-3,775258	1828
<b>Los Villares</b>	Ayuntamiento	37,690407	-3,818912	627
	Biblioteca	37,69067	-3,818166	623
<b>Valdepeñas de Jaén</b>	Ayuntamiento	37,590283	-3,820009	919
	Biblioteca	37,58855	-3,817194	918
<b>Fuensanta de Martos</b>	Ayuntamiento	37,647599	-3,905232	737
	Polideportivo	37,645960	-3,914298	722
<b>Otiñar</b>	Castillo	37,671678	-3,747547	677
<b>El Parrizoso</b>	Centro Localidad	37,631980	-3,742076	935

Tabla 4. Datos geográficos.

## Red de acceso

### - Especificaciones

Queremos dar cobertura Wifi en lugares donde no hay accesos de banda ancha. Concretamente en la Sierra de la Pandera, En Otiñar y El Parrizoso.

Daremos mayor cobertura cerca de los puntos donde llegue la red primaria en la Estación Militar, El castillo y el centro de la localidad del Parrizoso.

Tenemos que diseñar una conexión en la que se puedan conectar al menos 10 usuarios en cada punto, y facilitando en un futuro la expansión de la conexión.

La potencia de salida de los equipos se modificará en función de la ganancia de la antena y las pérdidas de los cables, conectores y dispositivos antirrayos para no sobrepasar el límite legal de 100 mW (Según Norma UN-85).

Las características mínimas técnicas en cada uno de los puntos WIFI son:

- Los equipos deben soportar los estándares 802.11b y/o 802.11g.
- El equipamiento han de ser gestionable mediante SNMP, lo que permitirá la monitorización y gestión remota de estos.
- Deben soportar seguridad WEP y WPA.
- El equipamiento debe disponer de un puerto Ethernet 10/100 Base T que permita conectarlo con otro equipamiento de red.
- Los equipos deben disponer conector para antena exterior, con el fin de que sea posible usar las antenas más apropiadas en cada situación.
- El tráfico agregado mínimo a repartir entre los usuarios conectados será de 3 Mbps en cada uno de los puntos, repartiendo esta capacidad de manera equitativa entre los usuarios.
- Los puntos de acceso, siempre que sea posible, se instalarán en el interior de los edificios y se conectarán a una antena omnidireccional de exteriores, eligiendo el tipo de antena más adecuado para minimizar las interferencias y maximizar la cobertura teniendo en cuenta las limitaciones de potencia citadas en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).
- Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos.

Se deben incluir los equipos necesarios para la interconexión de los puntos de acceso WiFi a la red principal.

Localidad	Ubicación	Ancho de Banda mínimo
<b>Sierra La Pandera</b>	Estación Militar	3Mbps
<b>Los Villares</b>	Ayuntamiento Biblioteca	- -
<b>Valdepeñas de Jaén</b>	Ayuntamiento Biblioteca	- -
<b>Fuensanta de Martos</b>	Ayuntamiento Polideportivo	- -
<b>Otiñar</b>	Castillo	3Mbps
<b>El Parrizoso</b>	Centro Localidad	3Mbps

Tabla 5. Puntos WIFI.

### Localización de los puntos

Mostramos en la siguiente tabla sólo los puntos donde daremos las coordenadas de los puntos de acceso Wifi.

Localidad	Punto	Latitud	Longitud	Altura
<b>Sierra la Pandera</b>	Estación Militar	37.630788	-3.775258	1828
<b>Otiñar</b>	Castillo	37.671678	-3.747547	633
<b>El Parrizoso</b>	Centro Localidad	37.631980	-3.742076	935

Tabla 6. Localización Puntos WIFI.

A continuación mostraremos la imagen de cada núcleo indicando las conexiones Wifi que tendrían.

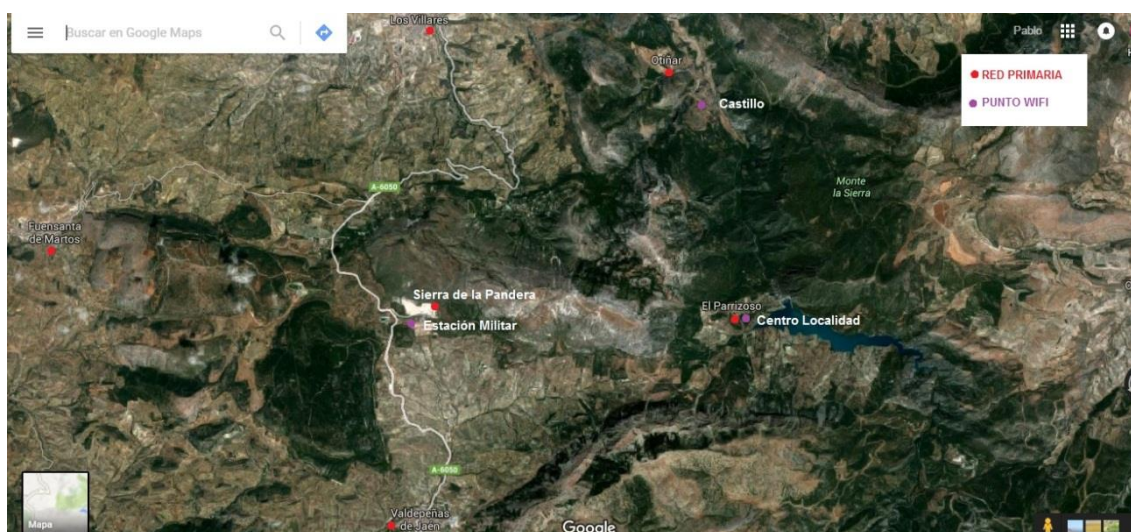


Ilustración 9. Puntos Wifi.

### Distancias entre los puntos

Vamos a mostrar en la tabla la distancia que hay entre los diferentes enlaces.

Núcleo	Punto	Distancia
<b>Sierra de la Pandera</b>	Los Villares	7,01 km
	Valdepeñas de Jaén	5,42 km
	Rep. Fuensanta de Martos	8,55 km
<b>Rep. Fuensanta de Martos</b>	Fuensanta de Martos	3,15 km
<b>Sierra de la Pandera</b>	Otiñar	5,66 km
	El Parrizoso	2,92 km

Tabla 7. Distancias entre puntos.

## 2.3- Dimensionado de la red

### 2.3.1- Red Primaria

La red primaria tiene que soportar el tráfico generado por la red secundaria y la red de acceso (mediante WIFI).

En la siguiente tabla se pueden observar los anchos de banda necesarios para cada núcleo, que calculamos sumando todos los anchos de banda de cada uno de los edificios y red Wifi.

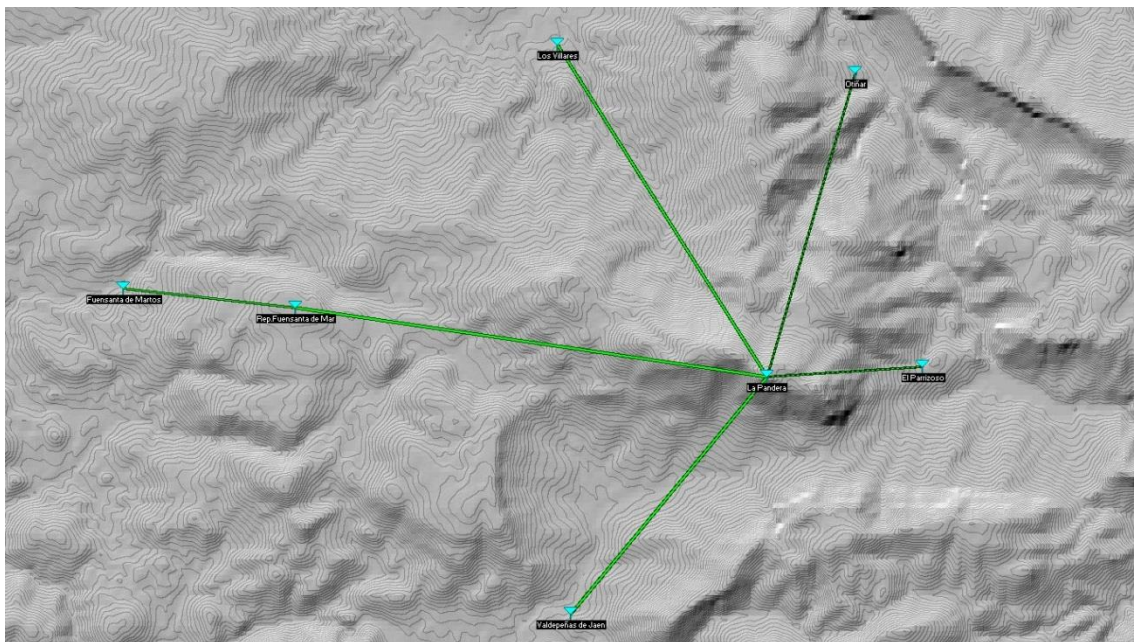


Ilustración 10. Dimensionado de la red.

Núcleo	Ubicación	Origen del Tráfico	Tráfico
Sierra de la Pandera	Estación Militar	Wifi	3 Mbps
		Edificio	1 Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>4 Mbps</b>	
Los Villares	Ayuntamiento	Wifi	0 Mbps
		Edificio	4 Mbps
	Biblioteca	Wifi	0 Mbps
		Edificio	2 Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>6 Mbps</b>	
Valdepeñas de Jaén	Ayuntamiento	Wifi	0 Mbps
		Edificio	4 Mbps
	Biblioteca	Wifi	0 Mbps
		Edificio	2 Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>6 Mbps</b>	
Fuensanta de Martos	Ayuntamiento	Wifi	0 Mbps
		Edificio	4Mbps
	Polideportivo	Wifi	0 Mbps
		Edificio	2 Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>6 Mbps</b>	
El Parrizoso	Centro ciudad	Wifi	3 Mbps
		Edificio	1Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>4 Mbps</b>	
Otiñar	Castillo	Wifi	3 Mbps
		Edificio	1 Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>4 Mbps</b>	

Tabla 8. Red Primaria.

Los enlaces y equipos usados serían los siguientes:

- Sierra de la Pandera – Los Villares: Estación base Cambium Network PTP100 con antena omnidireccional de 30 dBi en emisor y yagi orientada a la Pandera de 23dBi en receptor.
- Sierra de la Pandera – Valdepeñas de Jaén: Estación base Cambium Network PTP100 con antena omnidireccional de 30 dBi en emisor y yagi orientada a la Pandera de 23dBi en receptor.
- Sierra de la Pandera – Repetidor Fuensanta de Martos: Estación base Cambium Network PTP100 con antena omnidireccional de 30 dBi en emisor y yagi orientada a la Pandera de 10,4dBi en receptor.
- Repetidor Fuensanta de Martos – Fuensanta de Martos: Estación base Cambium Network PTP100 con antena direccional de 30 dBi en emisor y yagi orientada al Repetidor Fuensanta de Martos de 30 dBi en receptor.
- Sierra de la Pandera – El Parrizoso: Estación base Cambium Network PTP100 con antena omnidireccional de 30 dBi en emisor y yagi orientada a la Pandera de 23 dBi en receptor.
- Sierra de la Pandera – Otiñar: Estación base Cambium Network PTP100 con antena omnidireccional de 30 dBi en emisor y yagi orientada a la Pandera de 24 dBi en receptor.

Tenemos la Sierra de la Pandera como el punto principal que conecta con las demás ubicaciones. A excepción del enlace Rep. Fuensanta de Martos – Fuensanta de Martos, que por las condiciones del terreno era imposible crear un enlace de garantías entre la Sierra de la Pandera y Fuensanta de Martos.

### 2.3.2- Red Secundaria

- Red Secundaria Los Villares

La red secundaria de los Villares se conecta en topología de estrella con el punto central situado en el punto donde llega la red primaria.

Utilizamos una antena sectorial de 120° en el punto principal (red primaria) mientras que en los puntos de la red secundaria usamos una antena direccional.

Con esta antena sectorial concentramos la señal en el pueblo y en un futuro se podrían ampliar el número de puntos a los que da servicio.

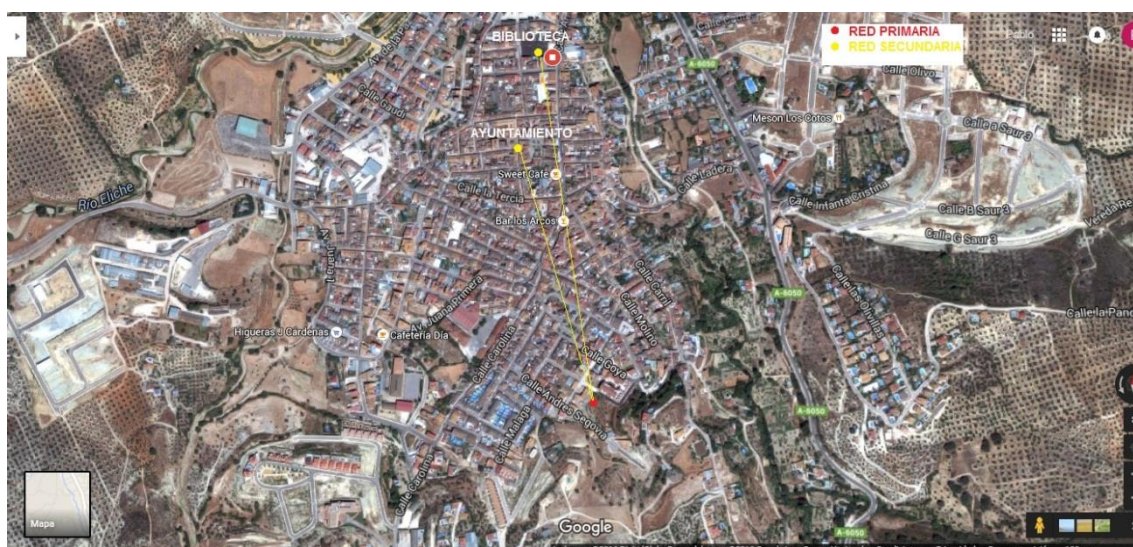


Ilustración 11. Red secundaria Los Villares.

La distancia de los puntos al punto central la mostramos en la siguiente tabla:

Punto	Distancia (m)
<b>Ayuntamiento</b>	890
<b>Biblioteca</b>	1030

Tabla 9. Distancia en los Villares.



A continuación mostramos el ancho de banda necesario en esta localidad:

Núcleo	Origen del tráfico	Ancho de Banda
<b>AYUNTAMIENTO</b>	Wifi	0 Mbps
	Edificio	4 Mbps
<b>BIBLIOTECA</b>	Wifi	0 Mbps
	Edificio	2 Mbps
<b>TOTAL</b>		<b>6 Mbps</b>

Tabla 12. Ancho de banda requerido 2.

Los equipos usados en cada uno de los enlaces que cumplen los requisitos necesarios son:

- Red Principal: Estación Base Cambium Network PTP100 con antena externa de 120°.
  - Ayuntamiento: Cliente Cambium Network PTP100 orientado a la red principal.
  - Biblioteca: Cliente Cambium Network PTP100 orientado a la red principal.
- Red Secundaria Fuensanta de Martos

La red secundaria de Fuensanta de Martos se conecta en topología de estrella con el punto central situado en el punto donde llega la red primaria.

Utilizamos una antena sectorial de 120° en el punto principal (red primaria) mientras que en los puntos de la red secundaria usamos una antena direccional.



Ilustración 13. Red secundaria Fuensanta de Martos.

La distancia del punto principal a los otros puntos la mostramos en la siguiente tabla:

Puntos	Distancia (m)
<b>AYUNTAMIENTO</b>	580
<b>POLIDEPORTIVO</b>	790

Tabla 13. Distancia en Fuensanta de Martos.

A continuación mostramos el ancho de banda necesario en esta localidad:

Núcleo	Origen del tráfico	Ancho de Banda
<b>AYUNTAMIENTO</b>	Wifi	0 Mbps
	Edificio	4 Mbps
<b>POLIDEPORTIVO</b>	Wifi	0 Mbps
	Edificio	2 Mbps
<b>TOTAL</b>		<b>6 Mbps</b>

Tabla 14. Ancho de banda requerido 3.

Los equipos usados en cada uno de los enlaces que cumplen los requisitos necesarios son:

- Red Principal: Estación Base Cambium Network PTP100 con antena externa de 120°.
  - Ayuntamiento: Cliente Cambium Network PTP100 orientado a la red principal.
  - Polideportivo: Cliente Cambium Network PTP100 orientado a la red principal.
- Red Secundaria El Parrizoso

La red secundaria de El Parrizoso se conecta punto a punto, con el punto central situado donde llega la red primaria.

Podemos utilizar las antenas direccionales puesto que no creemos que en un futuro se amplíe la cobertura en la zona debido al pequeño tamaño de la localidad.



Ilustración 14. Red secundaria El Parrizoso.

En la siguiente tabla vemos la distancia que hay entre la red principal y el punto de la red secundaria:

Punto	Distancia (m)
<b>Centro localidad</b>	40

Tabla 15. Distancia en el Parrizoso.

El ancho de banda necesario lo mostramos en la siguiente tabla:

Núcleo	Origen del tráfico	Ancho de Banda
<b>CENTRO CIUDAD</b>	Wifi	3 Mbps
	Edificio	1 Mbps
<b>TOTAL</b>		<b>4 Mbps</b>

Tabla 16. Ancho de banda requerido 4.

Los equipos usados en cada uno de los enlaces que cumplen los requisitos necesarios son:

- Red Principal: Estación Base Cambium Network PTP100 con antena externa direccional al centro ciudad.
- Centro ciudad: Cliente Cambium Network PTP100 orientado a la red principal.
  - Red Secundaria Otiñar

La red secundaria de Otiñar se conecta punto a punto, con el punto central situado donde llega la red primaria.

Podemos utilizar las antenas direccionales puesto que no creemos que en un futuro se amplíe la cobertura en la zona debido al pequeño tamaño de la localidad.

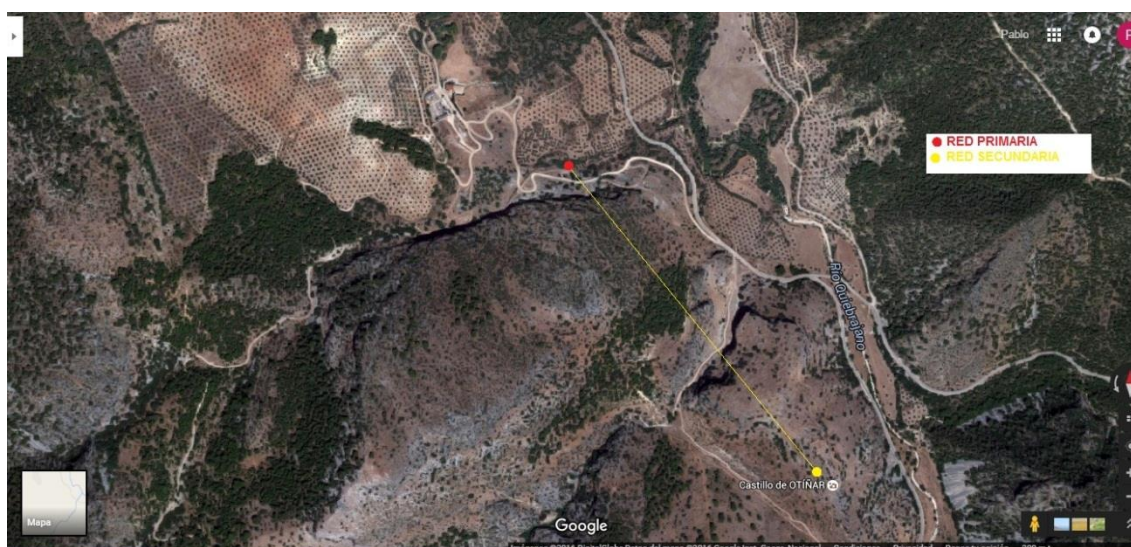


Ilustración 15. Red secundaria Otiñar.

En la siguiente tabla vemos la distancia que hay entre la red principal y el punto de la red secundaria:

Punto	Distancia (m)
<b>Castillo</b>	440

Tabla 17. Distancia en Otiñar.

El ancho de banda necesario lo mostramos en la siguiente tabla:

Núcleo	Origen del tráfico	Ancho de Banda
<b>CASTILLO</b>	Wifi	3 Mbps
	Edificio	1 Mbps
	<b>TOTAL</b>	<b>4 Mbps</b>

Tabla 18. Ancho de banda requerido 5.

Los equipos usados en cada uno de los enlaces que cumplen los requisitos necesarios son:

- Red Principal: Estación Base Cambium Network PTP100 con antena externa direccional al castillo.
- Castillo: Cliente Cambium Network PTP100 orientado a la red principal.

### 2.3.3- Red de Acceso

Tras los requisitos escritos en el apartado anterior, tendremos un mínimo de 10 clientes conectados en cada punto. Sólo será necesario un punto de acceso por localización. Se dejarán puertos disponibles en el elemento que interconecta la red secundaria con la red de acceso, para que sea fácil la instalación de nuevos puntos de acceso en caso de que se pretenda ampliar el número de clientes que se conectarán de manera simultánea a la red.

En cuanto a la cobertura, no hay especificaciones de zonas a cubrir. La zona que obtendrá cobertura estará entre 50 metros y 500 metros.

El punto de acceso utilizado será el Gemtek P-560. Soporta el estándar 802.11g y además está configurado para ofrecer encriptación avanzada (WPA) con clave dinámica por sesión y usuario, así como control del ancho de banda para cada usuario.

## 2.4- PLANIFICACIÓN RADIOELECTRICA

- **Red primaria**
  - Cálculos de los enlaces

Realizamos para cada enlace los cálculos del nivel de señal esperado y el nivel de desvanecimiento.

La modulación en WiMAX es adaptativa. Esto quiere decir que dependiendo de las condiciones del entorno se puede elegir el tipo de modulación más adecuado para optimizar el rendimiento de los enlaces. Por ejemplo, si las condiciones son adversas emplearíamos BPSK que soporta una tasa de transferencia de datos mucho menor que las otras pero nos garantizaría la estabilidad del enlace.

Los datos usados para el cálculo son:

- **Perfil cartográfico del enlace:** Permite comprobar la línea de visión entre los puntos.
- **Zona de Fresnel:** Tamaño en metros del 60% de la zona de Fresnel en su punto máximo. También se indicará tras inspección visual si existen obstáculos en el área que debe dejarse libre.
- **Tipo y características de la antena utilizada:** estas características influirán en el balance de potencia.
- **Tipo de cable utilizado, longitud y pérdidas en los cables:** Estas características influyen directamente en el balance de potencia.
- **Pérdidas en otros elementos (conectores, *spliters*, etc.):** Es posible que sea necesario incluir otros elementos que generarán pérdidas adicionales que se han de tener en cuenta en el balance de potencia.
- **Distancia del enlace (en kilómetros):** La distancia es uno de los factores a tener en cuenta en las pérdidas de propagación.
- **Frecuencia utilizada:** Influye directamente en las pérdidas de propagación.
- **Potencia de transmisión de los equipos:** Parámetro perteneciente al balance de potencia.
- **Nivel de señal recibido:** Según la potencia de transmisión, la ganancia de las antenas, las pérdidas en los cables, conectores, etc. y las pérdidas en espacio libre se calcula el nivel de señal esperado.
- **Sensibilidad de recepción:** En todos los casos se utilizará el nivel de sensibilidad de recepción de -96 dBm.
- **Margen de desvanecimiento:** Margen (en dB) entre la potencia de señal recibida y la sensibilidad del equipo.

- Enlace Sierra de la Pandera – Los Villares

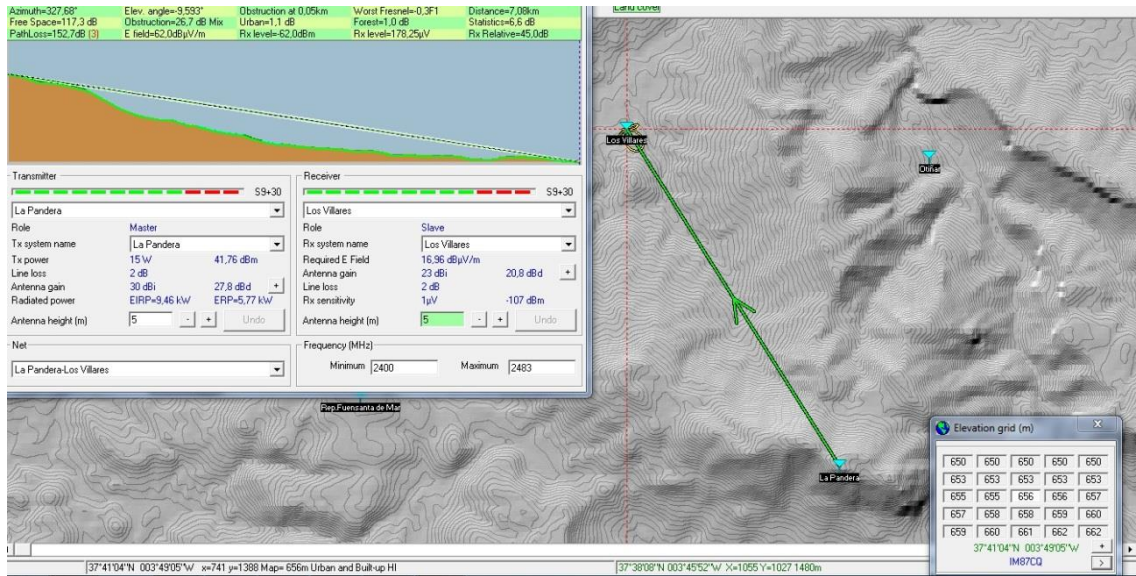


Ilustración 16. Enlace Pandera-Los Villares.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	117,3
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	-0,3
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	41,76
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-62,0
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	152,7
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	45

Tabla 19. Enlace Pandera-Los Villares.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena omnidireccional en emisor de 30 dBi y en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Enlace Sierra de la Pandera – Valdepeñas de Jaén

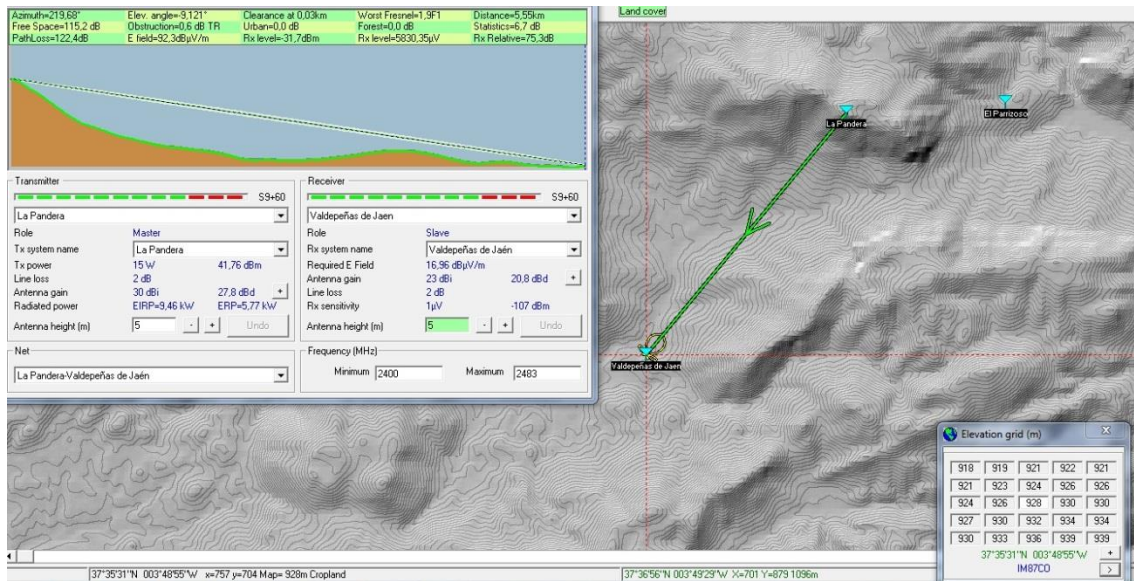


Ilustración 17. Enlace Pandera-Valdepeñas de Jaén.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	115,2
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	1,9
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	41,76
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-31,7
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	122,4
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	75,3

Tabla 20. Enlace Pandera-Valdepeñas de Jaén.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena omnidireccional en emisor de 30 dBi y en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Enlace Sierra de la Pandera – Repetidor Fuensanta de Martos

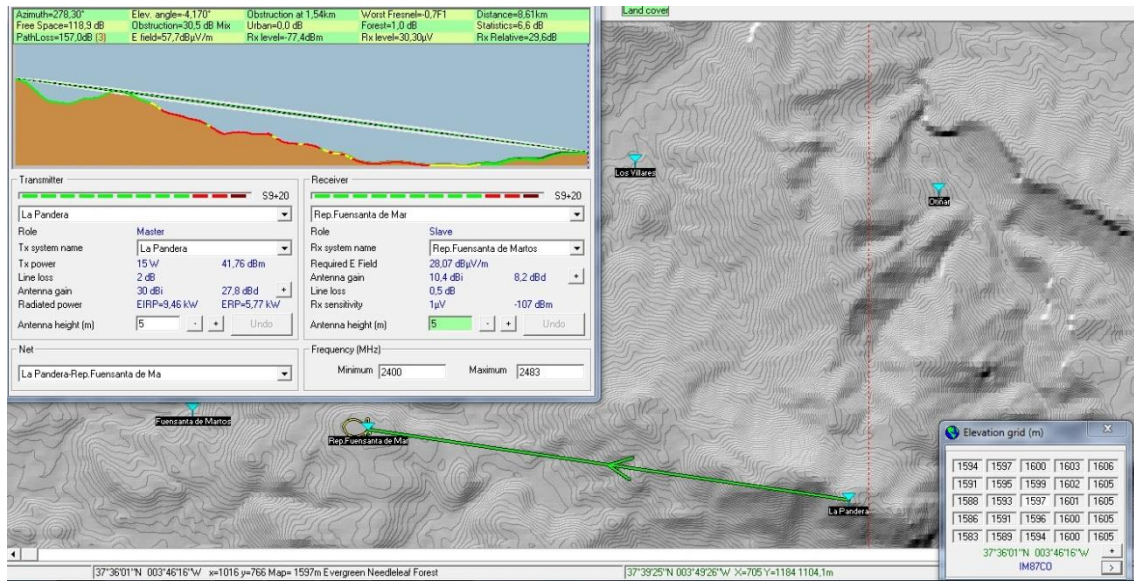


Ilustración 18. Enlace Pandera-Repetidor Fuensanta de Martos.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	118,9
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	-0,7
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	40
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-77,4
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	157,0
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	29,6

Tabla 21. Enlace Pandera-Repetidor Fuensanta de Martos.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena omnidireccional en emisor de 30 dBi y en receptor de 10,4 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Enlace Repetidor Fuensanta de Martos – Fuensanta de Martos

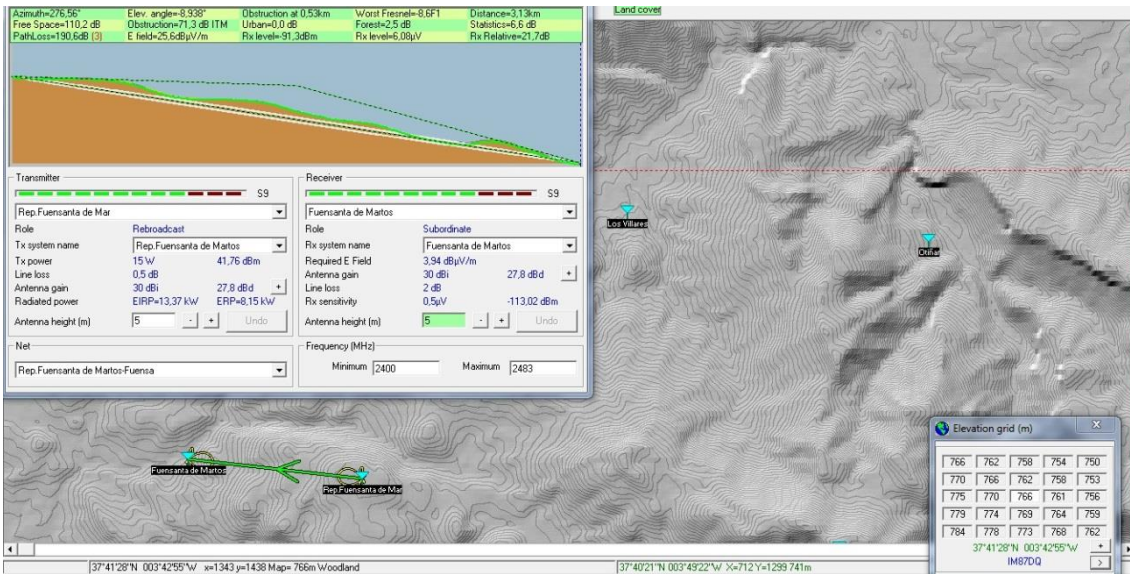


Ilustración 19. Enlace Repetidor Fuensanta-Fuensanta de Martos.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	110,2
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	-8,6
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	41,76
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-91,3
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	190,6
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	21,7

Tabla 22. Enlace Repetidor Fuensanta-Fuensanta de Martos.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena omnidireccional en emisor de 30 dBi y en receptor de 30 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Enlace Sierra de la Pandera – El Parrizoso

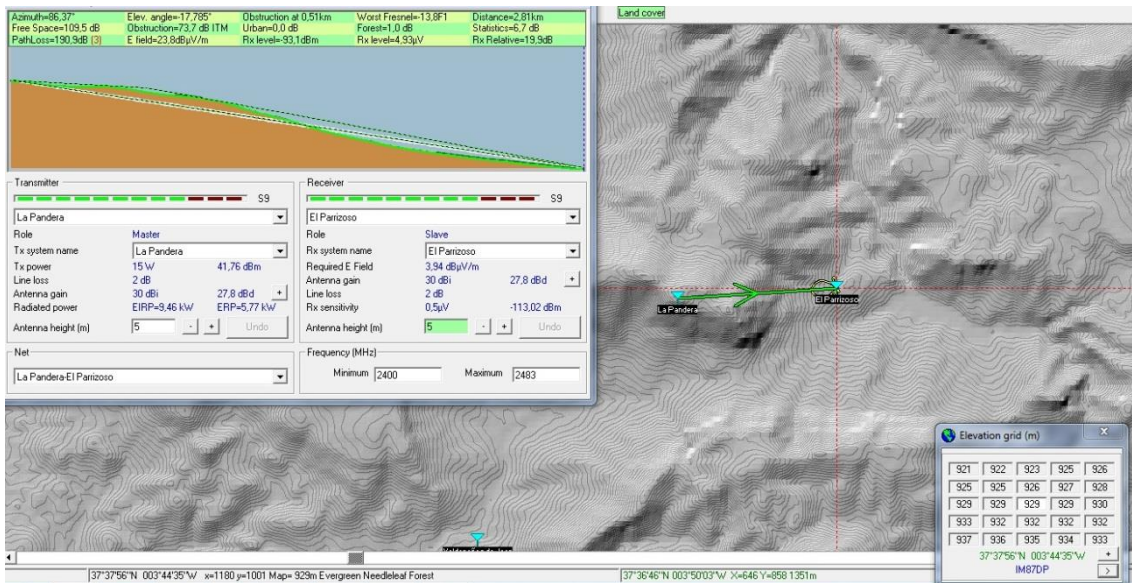


Ilustración 20. Enlace Pandera-Parrizoso.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	109,5
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	-13,8
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	41,76
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-93,1
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	190,9
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	19,9

Tabla 23. Enlace Pandera-Parrizoso.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena omnidireccional en emisor de 30 dBi y en receptor de 30 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Enlace Sierra de la Pandera – Otiñar

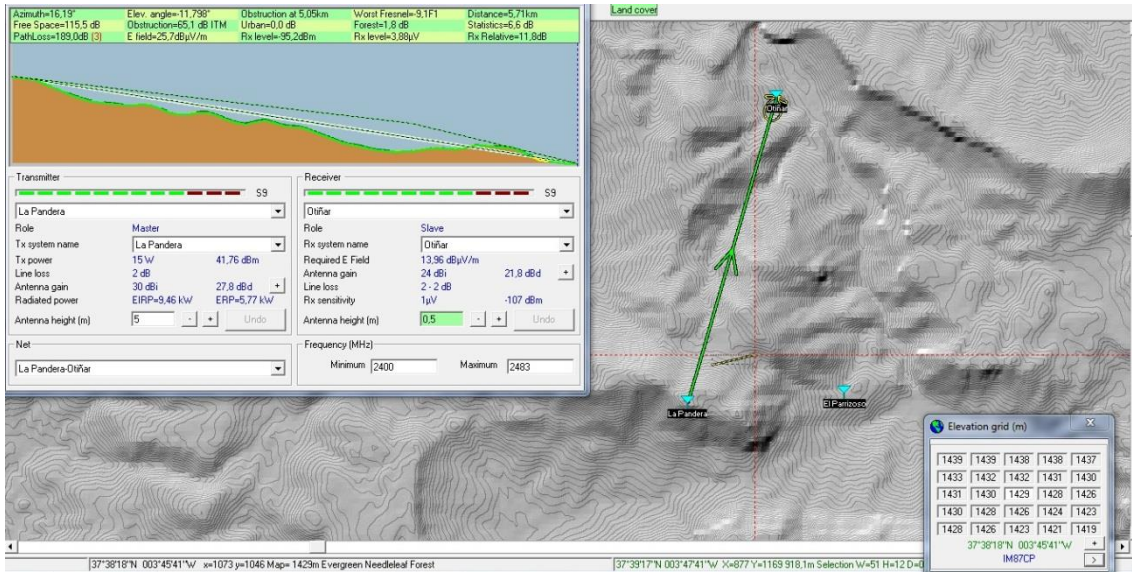


Ilustración 21. Enlace Pandera-Otiñar.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	115,5
PEOR ZONA DE FRESNEL	-9,1
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	41,76
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-95,2
PÉRDIDAS (dB)	189,0
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	11,8

Tabla 24. Enlace Pandera-Otiñar.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena omnidireccional en emisor de 30 dBi y en receptor de 24 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

○ **Red Secundaria**

Los cálculos que realizamos para la red secundaria son similares a los de la red primaria. Los equipos utilizados en el diseño de esta parte son distintos a los de la red primaria y por tanto sus características (ganancia de las antenas y sensibilidad de la radio) difieren.

- Sierra de la Pandera – Estación Militar

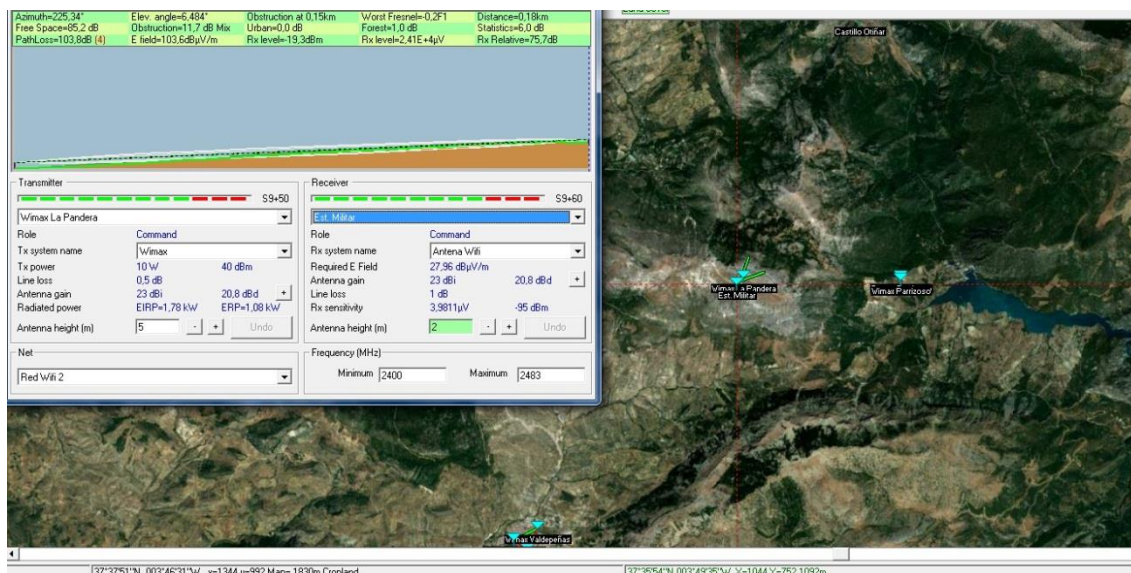


Ilustración 22. Enlace Pandera-Estación Militar.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	85,2
PEOR ZONA DE FRESNEL	-0,2
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-19,3
PÉRDIDAS (dB)	103,8
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	75,7

Tabla 25. Enlace Pandera-Estación Militar.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de 120° en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Los Villares – Ayuntamiento

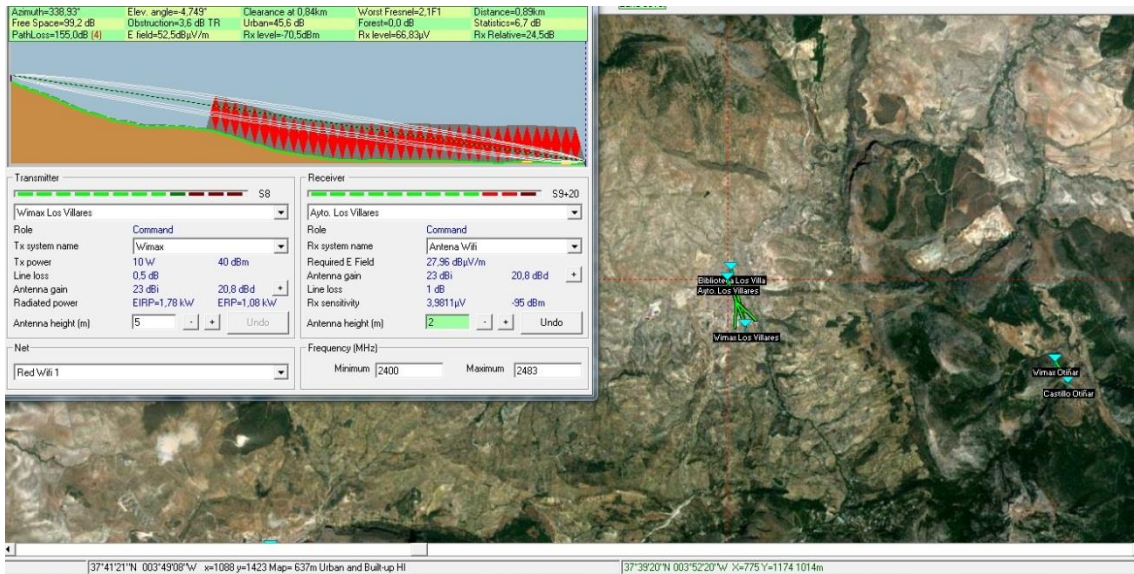


Ilustración 23. Red Secundaria Los Villares 1.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	99,2
PEOR ZONA DE FRESNEL	2,1
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-70,5
PÉRDIDAS (dB)	155,0
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	24,5

Tabla 26. Red Secundaria Los Villares 1.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de 120° en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Los Villares – Biblioteca

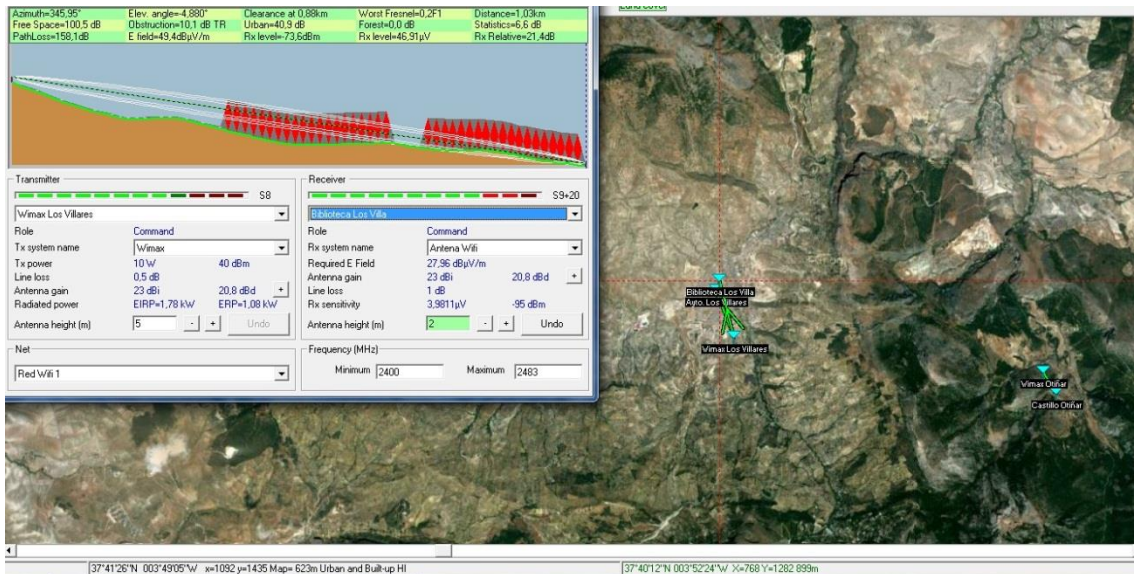


Ilustración 24. Red secundaria Los Villares 2.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	100,5
PEOR ZONA DE FRESNEL	0,2
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-73,6
PÉRDIDAS (dB)	158,1
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	21,4

Tabla 27. Red secundaria Los Villares 2.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de 120° en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Valdepeñas de Jaén – Ayuntamiento

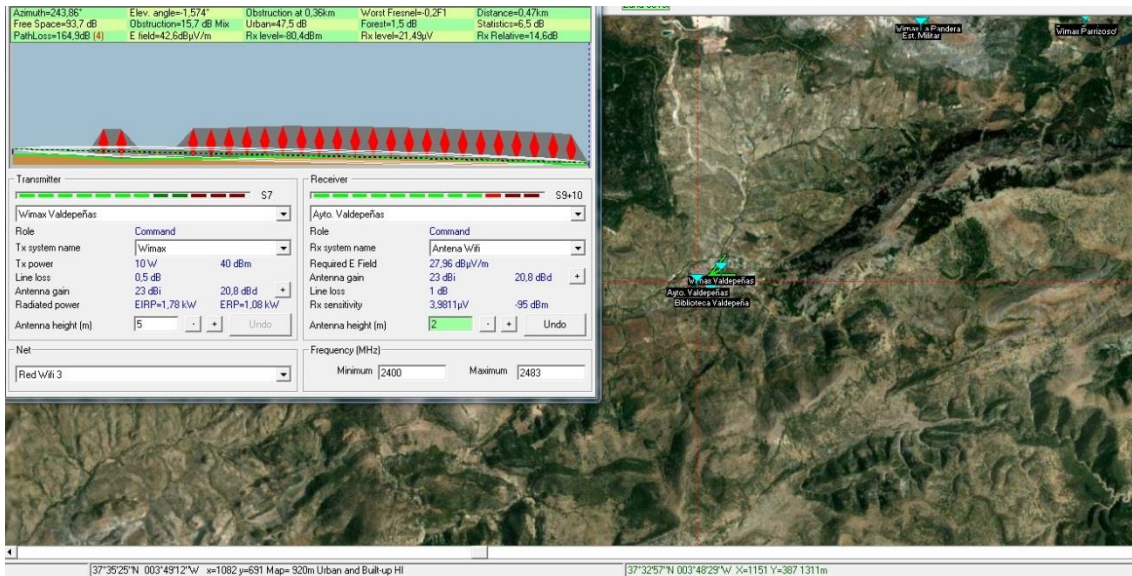


Ilustración 25. Red Secundaria Valdepeñas de Jaén 1.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	93,7
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	-0,2
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	40
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-80,4
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	164,9
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	14,6

Tabla 28. Red Secundaria Valdepeñas de Jaén 1.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de 120° en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Valdepeñas de Jaén – Biblioteca

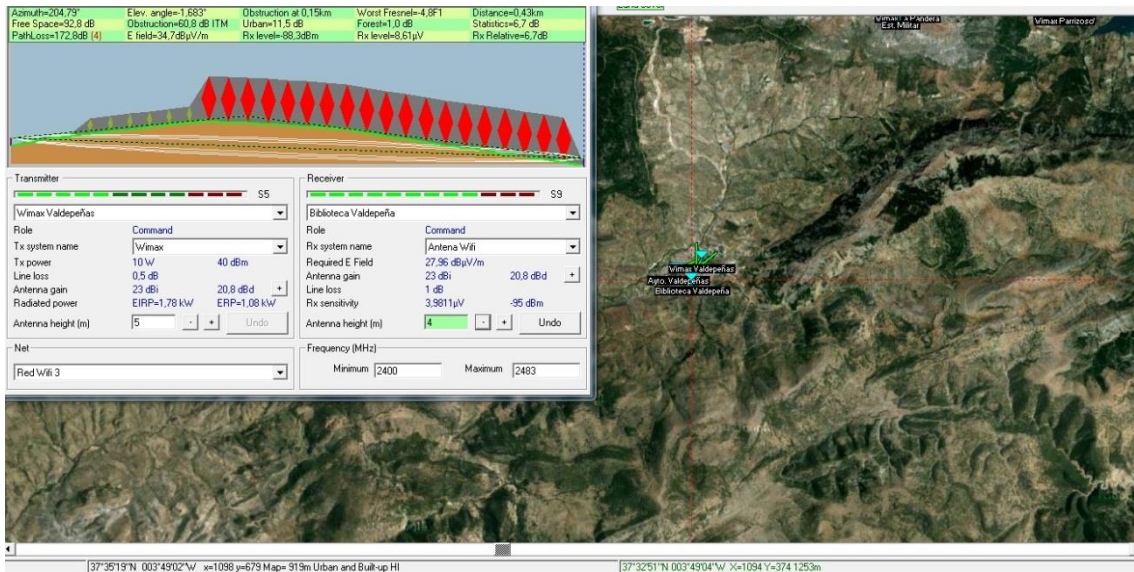


Ilustración 26. Red secundaria Valdepeñas de Jaén 2.

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)</b>	92,8
<b>PEOR ZONA DE FRESNEL</b>	-4,8
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	40
<b>NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)</b>	-88,3
<b>PÉRDIDAS (dB)</b>	172,8
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	6,7

Tabla 29. Red secundaria Valdepeñas de Jaén 2.

- Datos de la instalación:  
 Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de  $120^\circ$  en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Fuensanta de Martos – Ayuntamiento

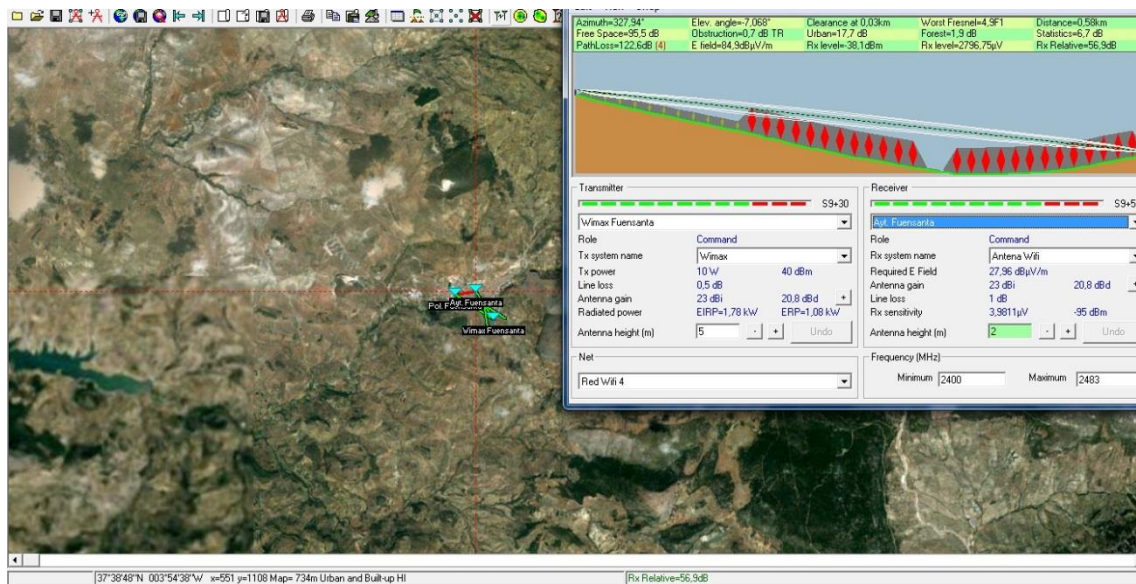


Ilustración 27. Red secundaria Fuensanta de Martos 1.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	95,5
PEOR ZONA DE FRESNEL	4,9
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-37,1
PÉRDIDAS (dB)	122,6
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	56,9

Tabla 30. Red secundaria Fuensanta de Martos 1.

- Datos de la instalación:  
 Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de 120° en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Fuensanta de Martos – Polideportivo

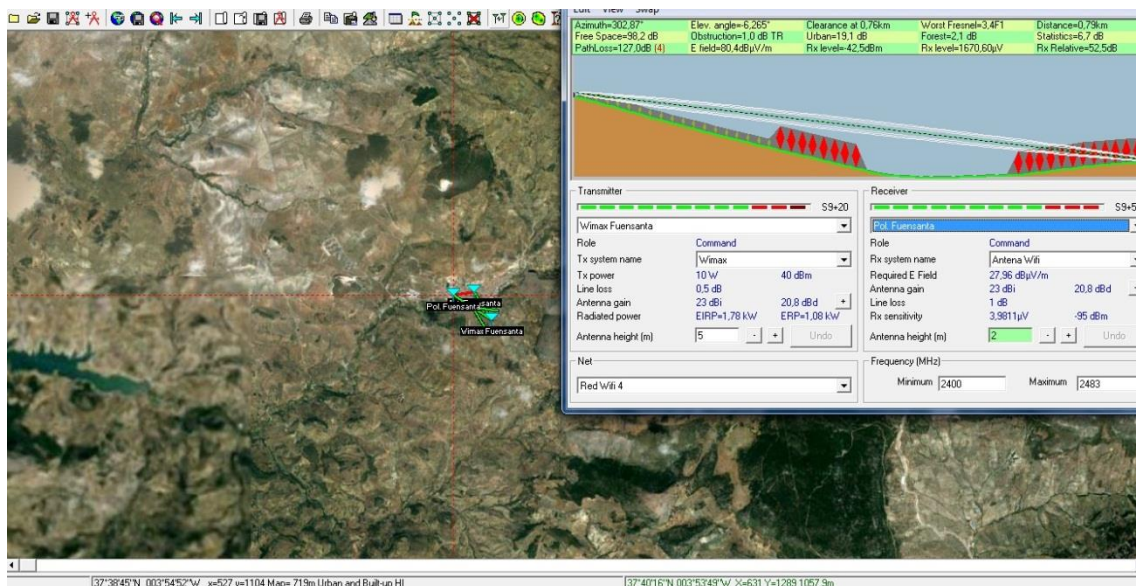


Ilustración 28. Red secundaria Fuensanta de Martos 2.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	98,2
PEOR ZONA DE FRESNEL	-3,4
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-42,5
PÉRDIDAS (dB)	127,0
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	52,5

Tabla 31. Red secundaria Fuensanta de Martos 2.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena sectorial de 120° en emisor de 23 dBi y direccional en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- El Parrizoso – Centro Localidad

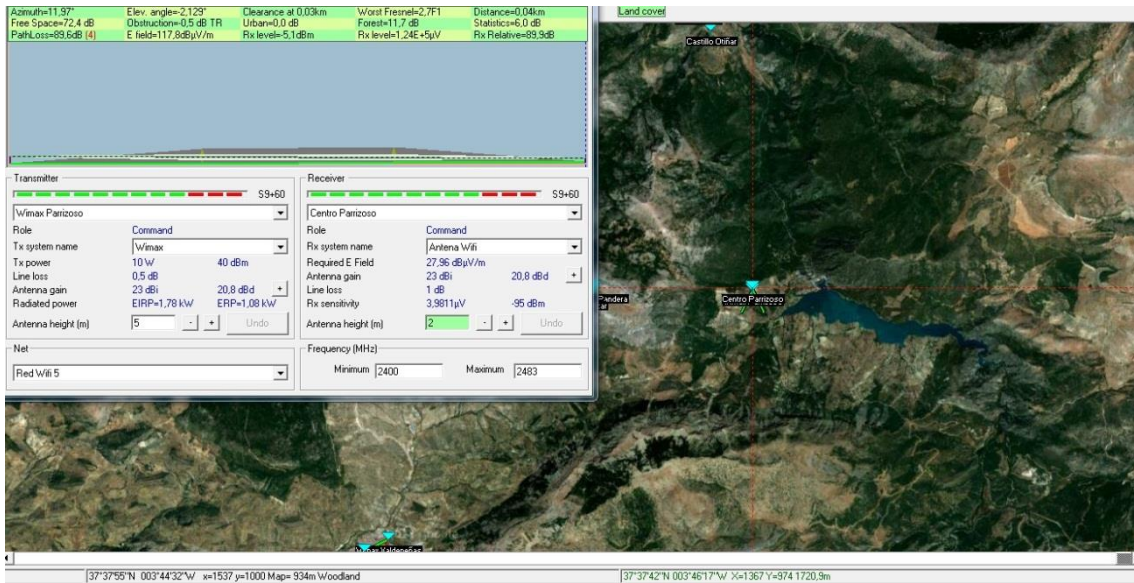


Ilustración 29. Red secundaria El Parrizoso.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	72,4
PEOR ZONA DE FRESNEL	2,7
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-5,1
PÉRDIDAS (dB)	89,6
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	89,9

Tabla 32. Red secundaria El Parrizoso.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena direccional en emisor y en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- Otiñar – Castillo de Otiñar

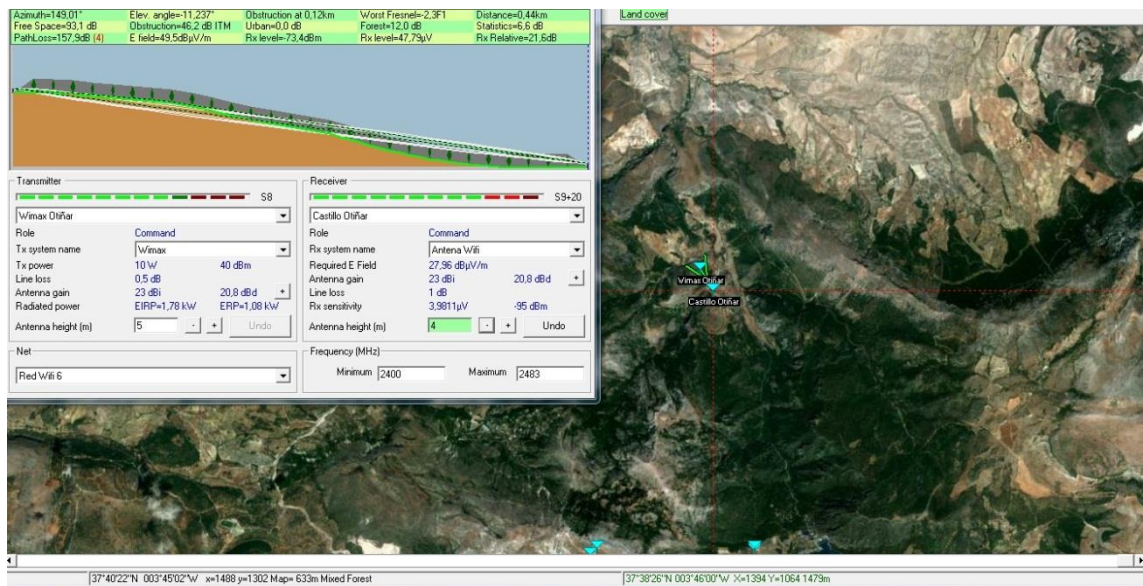


Ilustración 30. Red secundaria Otiñar.

DESCRIPCIÓN	DATOS
ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE (dB)	93,1
PEOR ZONA DE FRESNEL	-2,3
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	40
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO (dBm)	-73,4
PÉRDIDAS (dB)	157,9
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	21,6

Tabla 33. Red secundaria Otiñar.

- Datos de la instalación:  
Usamos el equipo Cambium Network PTP100, con una antena direccional en emisor y en receptor de 23 dBi. El equipo estará preparado para exteriores (antirrayos). Throughput agregado esperado será de 14Mbps.

- **Red Wifi**

El objetivo es dar la máxima cobertura posible alrededor de las zonas especificadas. El requisito es que como máximo pudiera haber conectados 10 clientes a la vez. Los puntos de acceso se instalarán en el interior de los edificios. Los puntos de acceso se conectarán a una antena situada en el exterior, colocándola de manera que se obtenga la mayor cobertura posible. La potencia de salida del punto de acceso se ajustará de manera que no se sobrepasen los 100 mW establecidos por la ley. A continuación mostramos los cálculos de potencia para cada punto de acceso.

<b>PUNTO DE ACCESO ESTACIÓN MILITAR</b>	
<b>GANANCIA ANTENA</b>	12 dBi
<b>PÉRDIDAS EN LOS CABLES (1 metros -&gt; 22dB/100m)</b>	0,22 dBi
<b>PUESTA A MASA (ANTIRRAYOS)</b>	0,4 dB
<b>PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES</b>	0,5 dB
<b>POTENCIA DE SALIDA</b>	9 dBm
<b>PIRE</b>	19,88 dBm

Tabla 34. Punto acceso estación militar.

<b>PUNTO DE ACCESO CENTRO EL PARRIZOSO</b>	
<b>GANANCIA ANTENA</b>	12 dBi
<b>PÉRDIDAS EN LOS CABLES (2 metros -&gt; 22dB/100m)</b>	0,44 dBi
<b>PUESTA A MASA (ANTIRRAYOS)</b>	0,4 dB
<b>PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES</b>	0,5 dB
<b>POTENCIA DE SALIDA</b>	9 dBm
<b>PIRE</b>	19,66 dBm

Tabla 35. Punto acceso el Parrizoso.

<b>PUNTO DE ACCESO CASTILLO OTIÑAR</b>	
<b>GANANCIA ANTENA</b>	12 dBi
<b>PÉRDIDAS EN LOS CABLES (3 metros -&gt; 22dB/100m)</b>	0,66 dBi
<b>PUESTA A MASA (ANTIRRAYOS)</b>	0,4 dB
<b>PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES</b>	0,5 dB
<b>POTENCIA DE SALIDA</b>	9 dBm
<b>PIRE</b>	19,44 dBm

Tabla 36. Punto acceso Castillo Otiñar.

Con estos valores de potencia se estima un rango de cobertura de 50 m en interiores o 300 m en exteriores alrededor de la antena, distancia a la que se obtendrán unos niveles de señal entre -40 y -80 dBm siempre que tengamos visión directa hasta el cliente. Estos niveles de señal son suficientes para conectarse a velocidades de hasta 3Mbps que es lo que requerimos.

## 2.5- ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS USADOS

### ○ RED PRIMARIA

En la red primaria usamos equipos Cambium Networks PTP100. Presentamos las características en la siguiente tabla.

<b>ESPECIFICACIONES CAMBIUM NETWORKS PTP100/130</b>	
<b>Numero Modelo</b>	2.4GHz – 2400BHDD, 2400BH20DD
<b>ESPECTRO</b>	
<b>Separación de canal</b>	2.4GHz – Configurable en 2.5MHz
<b>Rango de frecuencia</b>	2.4GHz-2415-2457.5MHz
<b>Ancho de canal</b>	20MHz
<b>INTERFAZ</b>	
<b>Interfaz de Internet</b>	10/100 Base T
<b>Protocolos usados</b>	IPV4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP, PPOE
<b>Gestión de redes</b>	HTTP, TELNET, FTP, SNMPv2c
<b>VLAN</b>	802.1Q con 802.1p Priority
<b>ACTUACIÓN</b>	
<b>Rango máximo</b>	Base: 3.2km Con Lente:32km Con Reflector:56km
<b>Throughput</b>	PTP130- 14Mbps
<b>Latencia</b>	5-7 ms
<b>Tipo de modulación</b>	2-4 nivel FSK
<b>Método acceso</b>	Time Division Duplexing/Time Division Multiple Access(TDD/TDMA)
<b>Antena</b>	2.4 GHz – 28 dB
<b>Peso</b>	0.45 kg
<b>Resistencia viento</b>	190 km/h
<b>Dimensiones</b>	30 x 9 x 9 cm
<b>Potencia máxima</b>	8 W
<b>Voltaje entrada</b>	24-30 VDC

Tabla 37. Especificaciones.

○ RED SECUNDARIA

ESPECIFICACIONES BREEZE ACCESS 900	
<b>Frecuencia</b>	2.4 GHz – 2.5GHz
<b>Tipo de Radio</b>	OFDM, TDD
<b>Ancho de banda de canal</b>	20 MHz
<b>Resolución frecuencia central</b>	10 MHz
<b>Modulación</b>	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
<b>Sensibilidad</b>	-89 dBm BPSK -86 dBm QPSK -81 dBm 16QAM -71 dBm 64QAM
<b>Antena</b>	23 dBi
<b>Comunicación</b>	
<b>Compatibilidad estándar</b>	IEEE 802.3 CSMA/CD
<b>VLAN</b>	802.1q
<b>Seguridad</b>	ESSID WEP 128
<b>Características</b>	
<b>Consumo Potencia</b>	25 W
<b>Potencia entrada</b>	AC, 100-240 VAC, 50-60Hz
<b>Dimensiones</b>	Unidad interior: 16 x 9 x 6 cm (0.55 kg) Unidad exterior: 43.2 x 30.2 x 5.9 cm (2.9 kg)

Tabla 38. Especificaciones.

**Las antenas usadas son las siguientes:**

- Estación Militar: Antena exterior direccional, verticalmente polarizada en rangos de operación de 2,4 a 2,5 GHz con ganancia de 23 dBi.
- Los Villares: Antena exterior sectorial 120°, verticalmente polarizada en rangos de operación de 2,4 a 2,5 GHz con ganancia de 23 dBi.
- Valdepeñas de Jaén: Antena exterior sectorial 120°, verticalmente polarizada en rangos de operación de 2,4 a 2,5 GHz con ganancia de 23 dBi.
- Fuensanta de Martos: Antena exterior sectorial 120°, verticalmente polarizada en rangos de operación de 2,4 a 2,5 GHz con ganancia de 23 dBi.
- El Parrizoso: Antena exterior direccional, verticalmente polarizada en rangos de operación de 2,4 a 2,5 GHz con ganancia de 23 dBi.
- Otiñar: Antena exterior direccional, verticalmente polarizada en rangos de operación de 2,4 a 2,5 GHz con ganancia de 23 dBi.

○ **RED DE ACCESO**

<b>ESPECIFICACIONES GEMTEK P-560</b>	
<b>WIRELESS</b>	
Estándar	IEEE 802.11g (OFDM), IEEE 802.11b (DSSS), 2.4GHz, Certificado Wi-Fi
Velocidad de Transmisión	802.11g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps 802.11b: 11Mbps, 5.5Mbps, 2, 1Mbps (auto fall back)
Rangos típicos	50 metros en interiores, hasta 300m en exteriores
Potencia de Transmisión	Máximo 17 dBm (PIRE)
Antenas	Dos dipolos de 2 dBi con diversidad especial. Conectores SMA hembra
Encriptación	WPA, WEP64, WEP128
<b>RED Y CONTROL DE ACCESO</b>	
Router IP con NAT/NAPT, filtros firewall configurable Acceso mediante Portal Cautivo (UAM), soporte 802.1x/EAP, Soporte <i>Smart Client</i> , autenticación MAC, compatible WISPr Cliente AAA RADIUS y servidor proxy con soporte EAP Soporte de Traslación de direcciones Universal y Proxy Web, para permitir la conexión con cualquier configuración de cliente Autenticación vía portal cautivo (Usuario/contraseña) con encriptación de datos por SSL Soporte de 802.1x con EAP-SIM, MD-5, TLS, TTLS, PEAP Soporta WPA	
<b>HARDWARE</b>	
WAN: 10/100Mb Ethernet, auto sensing, RJ-45 LAN: 10/100Mb Switch de 4 puertos Ethernet, auto sensing, RJ-45, 802.1q VLAN soportado WLAN: 2 conectores de antena SMA	
Dimensiones	195 mm x 160 mm x 27 mm (0,450 kg)
<b>GESTIÓN</b>	
Interfaces	HTTPs, SSH, Telnet, SNMP (MIB II, Ethernet MIB, bridge MIB, private MIB)
Actualizaciones Software	Actualizaciones remotas usando HTTP, HTTPs o FTP
Reset	Reset remoto / Reset a parámetros por defecto

Tabla 39. Especificaciones.

- Usaremos una antena omnidireccional exterior verticalmente polarizada en la frecuencia de operación 2400 a 2483 con ganancia 12dB. La colocaremos en el exterior de los puntos en los que queremos dar acceso WiFi. La potencia de salida se ajustará para que se consigan 100mW de PIRE.
- Usaremos también un switch en cada punto para que una o conecte dispositivos en red. Los diferentes puntos de acceso y equipos de cada ubicación.

## 2.6- EMISIONES RADIOELECTRICAS

Según el Real Decreto 1066/2001 del 28 de Septiembre de 2001 y en la Orden CTE/23/2002 del 11 de Enero de 2002 se especifican la densidad máxima de potencia en la banda de 2 a 300 GHz a la que puede estar expuesto un ser humano.

A partir de la densidad de potencia, calculamos la distancia mínima a la que debe situarse el elemento radiante de las personas. Llamaremos distancia de seguridad y la calcularemos con la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia de seguridad} = \sqrt{\frac{M * PIRE}{4 * \pi * Smax}}$$

Dónde:

PIRE: Potencia en W.

M: es el factor de reflexión, y su valor es 4 si consideramos reflexión total de un rayo, 2,56 si se consideran las condiciones de reflexión, y es 1 si no se considera reflexión (tomaremos 4 como valor más restrictivo).

Smax: Densidad de potencia máxima permitida en  $W/m^2$ . El nivel de referencia según el R.D 1066/2001 es de  $10 W/m^2$ .

En la red primaria y secundaria la distancia de seguridad sería:

$$\text{Distancia de seguridad} = \sqrt{\frac{4 * 1}{4 * \pi * 10}}$$

$$\text{Distancia de seguridad} = 18 \text{ cm}$$

En la red de acceso la distancia de seguridad:

$$\text{Distancia de seguridad} = \sqrt{\frac{4 * 0,1}{4 * \pi * 10}}$$

$$\text{Distancia de seguridad} = 6 \text{ cm}$$

No tendríamos problema a la hora de colocar las antenas puesto que se garantiza la distancia de seguridad, ya que en las zonas donde ubicamos los equipos no suele haber habitualmente personas.

### 3- PLANOS Y ESQUEMAS

A continuación mostramos el esquema de la interconexión entre la red primaria y la red secundaria:

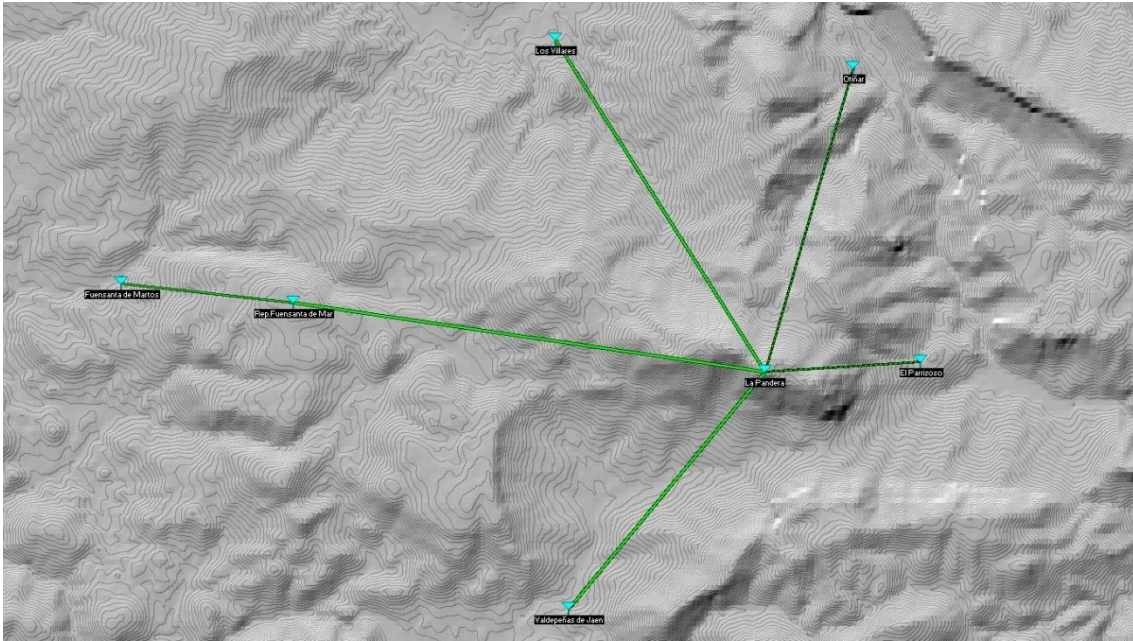


Ilustración 31. Interconexión de redes.

En la siguiente figura mostramos los puntos Wifi de la red de acceso:

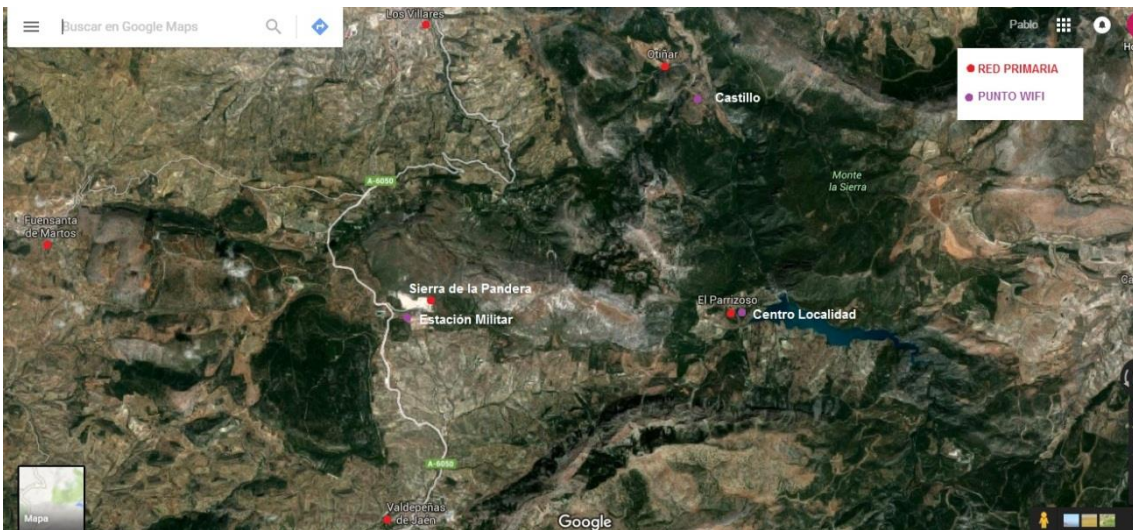


Ilustración 32. Puntos acceso WIFI.

- Cobertura de la red dentro de cada municipio:

- La Pandera:

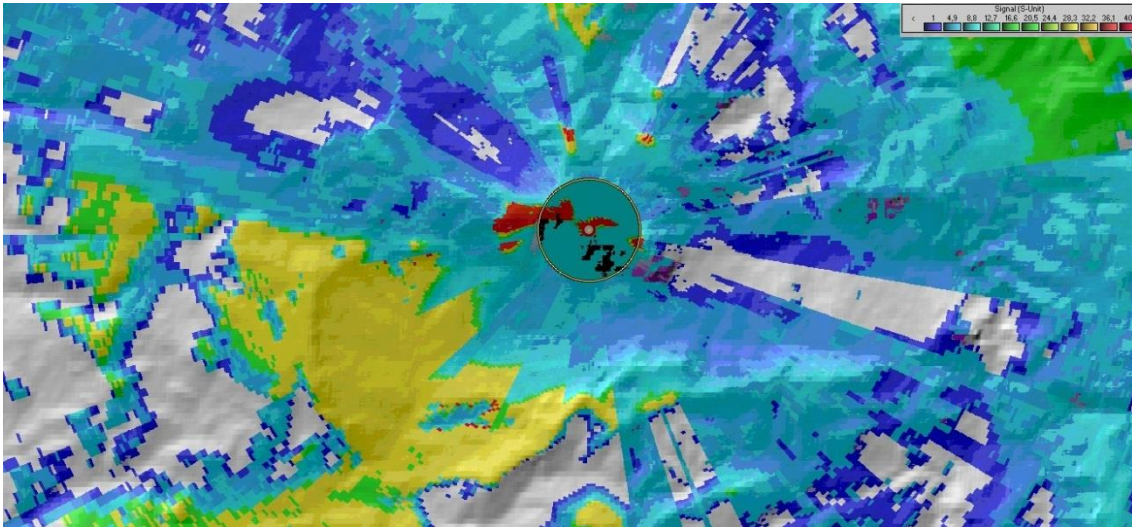


Ilustración 33. Cobertura La Pandera.

- Los Villares:

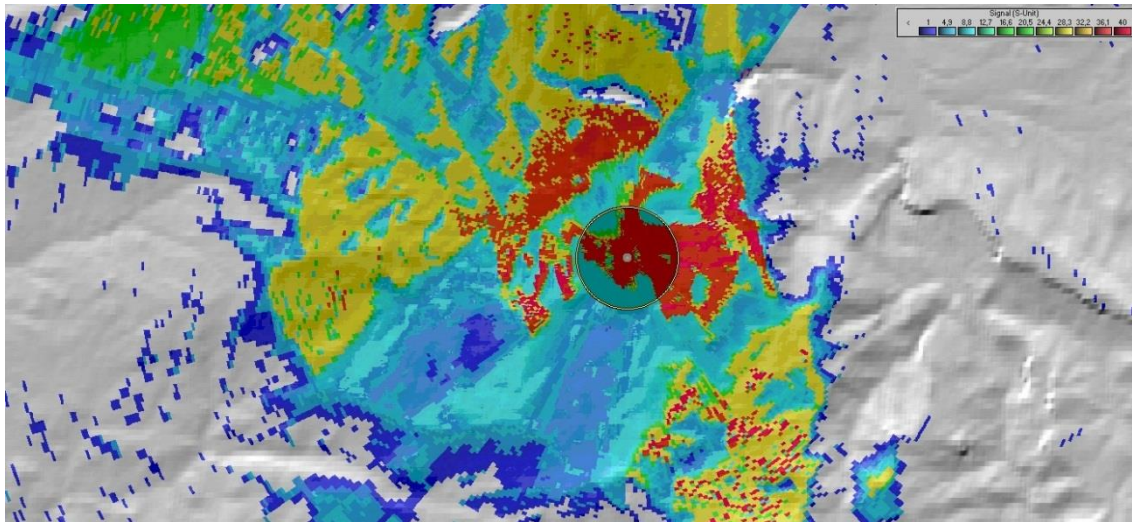


Ilustración 34. Cobertura Los Villares.

- Valdepeñas de Jaén:

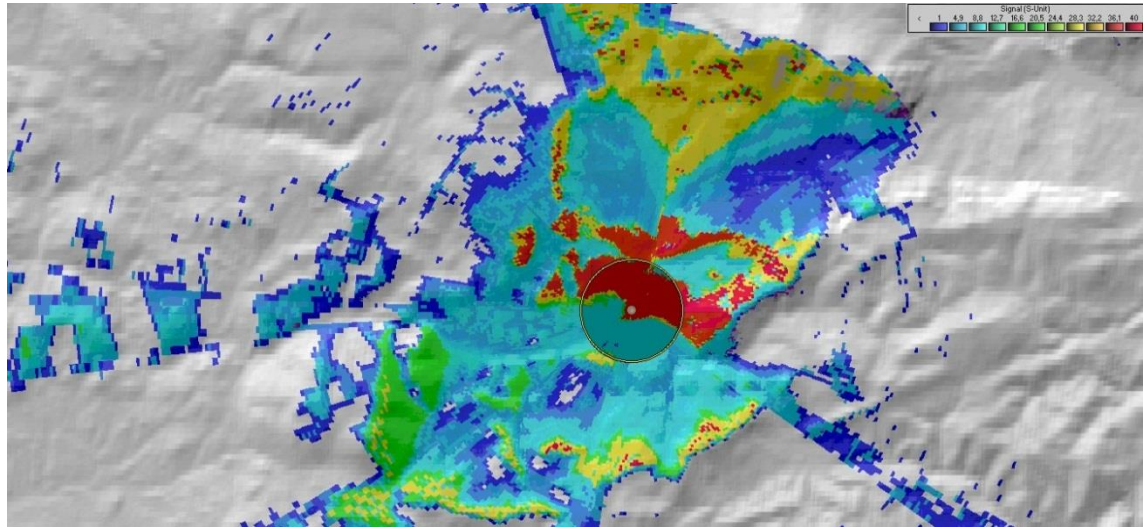


Ilustración 35. Cobertura Valdepeñas de Jaén.

- Fuensanta de Martos:

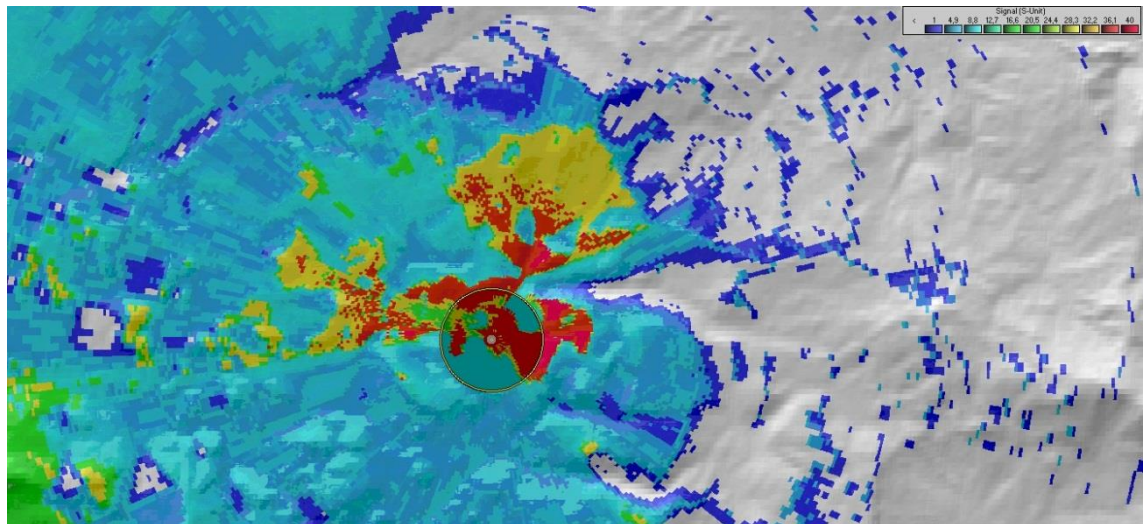


Ilustración 36. Cobertura Fuensanta de Martos.

- El Parrizoso:

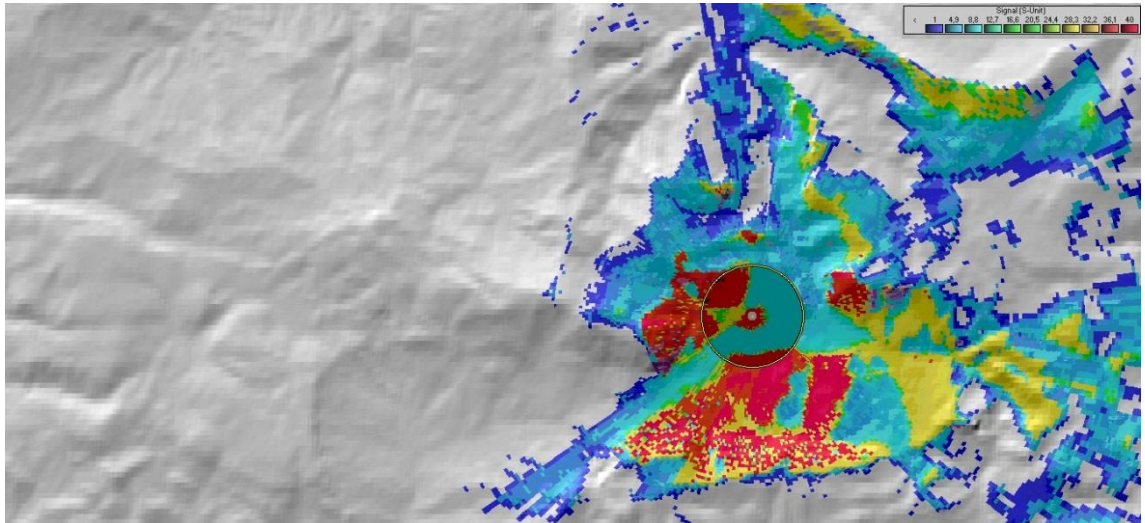


Ilustración 37. Cobertura El Parrizoso.

- Otiñar:

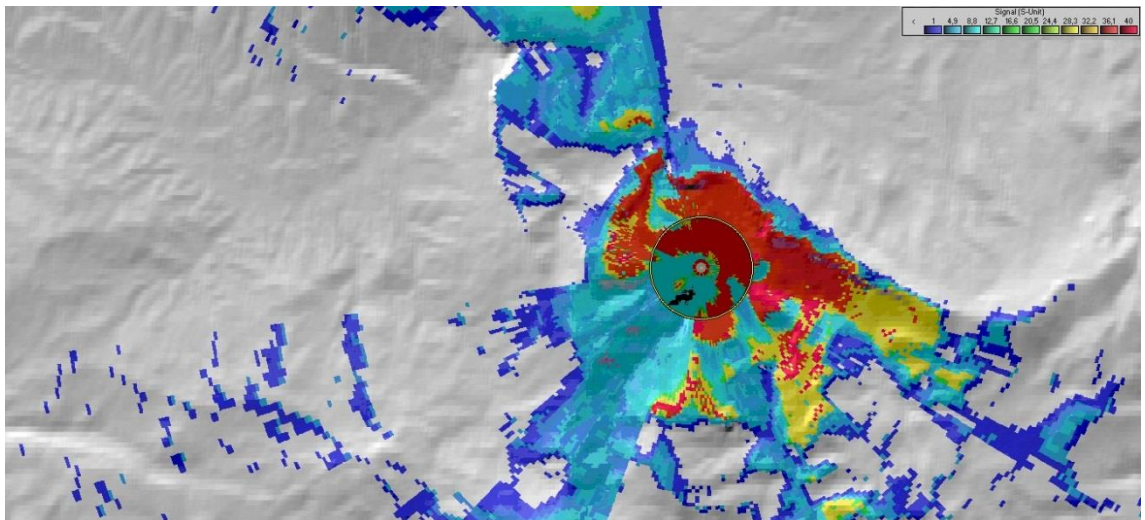


Ilustración 38. Cobertura Otiñar.

## 4- PLIEGO DE CONDICIONES

Cualquier proyecto debe cumplir una serie de normativas y estándares dependiendo del país en el que se realice. En España, a la hora de realizar el diseño de una red, hay que tener en cuenta las disposiciones legales de la Ley General de Telecomunicaciones y las recomendaciones del CNAF respecto a las limitaciones en el uso del espectro radioeléctrico.

### 5- Ley general de telecomunicaciones

Esta ley está compuesta por ocho títulos que disponen los derechos, obligaciones y sanciones en el uso y explotación de redes de comunicaciones. A continuación podemos ver cada título que define una sección en concreto.

- Título I: Se exponen las definiciones generales y el objetivo de la ley.
- Título II: Explica los principios aplicables a la explotación de redes y prestación de servicios.
- Título III: Se explica las obligaciones de servicio público y los derechos y obligaciones en la explotación de redes y prestación de servicios. Esto incluye la privacidad y protección de datos de las comunicaciones en el Capítulo III.
- Título IV: Se incluye evaluación de la conformidad de equipos y aparatos.
- Título V: Incluye todas las especificaciones para la gestión del dominio radioeléctrico.
- Título VI: Expone como se realiza la administración de las telecomunicaciones con la creación de la Agencia Estatal de Radiocomunicaciones.
- Título VII: Hace referencia a las tasas en telecomunicaciones.
- Título VIII: Se define la función inspectora en telecomunicaciones, los tipos de infracciones y las sanciones impuestas en cada caso.

### 6- UN – 85 → 2400 a 2483,5 MHz

La banda de frecuencias 2400 - 2483,5 MHz, designada en el Reglamento de Radiocomunicaciones para aplicaciones ICM, podrá ser utilizada también para los siguientes usos:

- a) Sistemas de transmisión de datos de banda ancha y de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas incluyendo redes de área local. Estos dispositivos pueden funcionar con una potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) máxima de 100 mW conforme a la Decisión de la Comisión 2009/381/CE y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03. En cuanto a las características técnicas de estos equipos, la norma de referencia es el estándar ETSI EN 300 328 en su versión actualizada. Esta utilización se considera de uso común.
- b) Dispositivos genéricos de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance, incluyendo aplicaciones de video. La potencia isotrópica radiada equivalente máxima será inferior a 10 mW conforme a la decisión de la Comisión

2009/381/CE y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, siendo la norma técnica de referencia el estándar ETSI EN 300 440. Esta utilización se considera de uso común.

Se utilizan redes inalámbricas del tipo IEEE 802.11 y pre-WiMAX (basadas en el 802.16).

- La tecnología estandarizada por el IEEE bajo el apelativo 802.16, por lo común conocida como WiMAX, es considerada el hermano mayor del Wi-Fi. Eso responde al hecho que el WiMAX promete más alcance, más anchura de lado y más potencia que el Wi-Fi, acompañada de más funcionalidad en términos, especialmente, de calidad de servicio y seguridad.

Una de sus principales ventajas es dar servicio de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra óptica, debido a la baja densidad de población existente, presenta un elevado coste por usuario. Esto puede darse en zonas rurales donde la densidad de población es baja y espaciada por lo que realizar un despliegue de cable en esa zona puede ser muy costoso y poco rentable para el operador. Si queremos implantar la tecnología WiMAX para dar cobertura de banda ancha en un entorno rural como en este caso, podemos desarrollar un enlace con tecnología WiMAX hasta el edificio al que se quiere dar cobertura y posteriormente dentro de éste edificio, diseñar una red WiFi para dar acceso de internet de banda ancha a todas las instalaciones de la misma.

El Estándar IEEE 802.16 se trata de una especificación para las redes de acceso metropolitanas inalámbricas de banda ancha fijas (no móvil). Este estándar en esencia recoge el estándar WiMAX.

El estándar 802.16 ocupa el espectro de frecuencias desde 2GHz hasta 11GHz para la comunicación de la última milla (de la estación base a los usuarios finales) y ocupando frecuencias entre 11GHz y 60 GHz para las comunicaciones con línea vista entre las estaciones bases.

#### 7- Estándar IEEE 802.16d (802-16-2004)

Se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario. Sirve para dispositivos fijos y portátiles.

Utiliza un rango de frecuencias entre 2 GHz y 6 GHz, y permite una velocidad de transmisión hasta 15 Mbps.

- Estándar IEEE 802.11:
  - i. 802.11b

La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en 1999. 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2,4 GHz. En la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5,9 Mbits sobre TCP y 7,1 Mbit/s sobre UDP.

- ii. 802.11g

En junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Que es la evolución del estándar 802.11b, Este utiliza la banda de 2,4 GHz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22,0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación que fue dada aprox. el 20 de junio del 2003. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta medio vatio, que permite hacer comunicaciones de hasta 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados.

Existe una variante llamada 802.11g+ capaz de alcanzar los 108Mbps de tasa de transferencia. Generalmente sólo funciona en equipos del mismo fabricante ya que utiliza protocolos propietarios.

#### iii. Interacción de 802.11g y 802.11b.

802.11g tiene la ventaja de poder coexistir con los estándares 802.11a y 802.11b, esto debido a que puede operar con las Tecnologías RF DSSS y OFDM. Sin embargo, si se utiliza para implementar usuarios que trabajen con el estándar 802.11b, el rendimiento de la celda inalámbrica se verá afectado por ellos, permitiendo solo una velocidad de transmisión de 22 Mbps

#### iv. 802.11n

En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 300 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas.

## 5- PRESUPUESTO

Realizaremos un presupuesto orientativo del coste de la red, ya que aunque algunos precios si los he encontrado en el catálogo de características de productos otros ha sido complicado encontrarlos. Incluso preguntando a algunas empresas que ofertan dicho producto, las respuestas eran generales y poco específicas.

### ○ Red Primaria

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO
Estación base con antena	7	2000 €	14000 €
Alimentador	7	40 €	280 €
Terminal de usuario	7	150 €	1050 €
Alimentador	7	10 €	70 €
Switchs	6	300 €	1800 €
Mano de Obra/ Instalación	130 horas	45 €/h	5850 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>23050 €</b>

Tabla 40. Presupuesto red primaria.

### ○ Red Secundaria

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO
Estación base con antena	9	2000 €	18000 €
Alimentador	9	40 €	360 €
Terminal de usuario	9	150 €	1350 €
Alimentador	9	10 €	90 €
Cables	10	15 €	150 €
Mano de Obra/ Instalación	130 horas	45 €/h	5850 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>25800 €</b>

Tabla 41. Presupuesto red secundaria.

### ○ Red de acceso

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO
Punto de acceso WiFi 802.11g	3	400 €	1200 €
Antirrayos 2,4 GHz	3	20 €	60 €
Cableado	1	300 €	300 €
Mano de Obra/ Instalación	20 horas	45 €/h	900 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2460 €</b>

Tabla 42. Presupuesto red de acceso.

○ **TOTAL**

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO
RED PRIMARIA	1	23050 €
RED SECUNDARIA	1	25800 €
RED DE ACCESO	1	2460 €
TOTAL		51310 €
TOTAL (21 % IVA)		<b>62085 €</b>

Tabla 43. Presupuesto TOTAL. (IVA incluido)

## 6- CONCLUSIONES

Tras finalizar el estudio teórico llego a la conclusión de que la tecnología va avanzando a pasos agigantados, hace unos años sería casi impensable que se pudiera dar servicio en estas zonas rurales vía radio. La tecnología seguirá mejorando y cada vez será más fácil el acceso en cualquier tipo de superficie sin importar geografía, dificultad de acceso u otro tipo de impedimentos.

La red Wimax podrá ser ampliada y mejorada en futuros proyectos al igual que la red Wifi en los diferentes puntos. La inversión es baja en comparación con otras tecnologías y el potencial que nos da. El inconveniente es que no podemos dar servicio a un número muy elevado de clientes, para ello se necesitaría ampliar la red.

Se ofrece un servicio muy interesante para empresas en núcleos rurales, conectar pueblos enteros y dar acceso en zonas donde es complicado que lleguen otras tecnologías.

Como expectativa, en un futuro se puede ampliar la red de pueblos a los que llegue el servicio y elevar el número de clientes que puede haber conectados. El sistema tiene numerosas posibilidades y cubrir el entorno rural, aunque sea la principal, sólo es una de muchas.

Con los conocimientos adquiridos mediante el estudio, esta tecnología podría ser la solución a muchos problemas de falta de cobertura de Internet de banda ancha, que al no tener una elevada densidad de población no cuentan con este servicio dado que a los operadores de banda ancha no les resulta económicamente interesante.

Hay que remarcar que España es un país donde estas zonas no son escasas, sino todo lo contrario y creo que es necesario solventar este problema e igualar las oportunidades en todos los rincones del país.

Esta tecnología puede ser la solución buscada y aunque no esté implantada en este momento con mucha fuerza, espero que poco a poco se dé a conocer y pueda complementarse con las demás tecnologías existentes y proveer con la mayor calidad posible a todos los usuarios vivan en el lugar que vivan.

## 7- BIBLIOGRAFIA

- Mobile WiMAX, Sassan Ahmadi  
Oxford, UK ; Burlington, MA : Academic Press, 2011
- Broadband wireless access and local networks : mobile WiMax and WiFi, Byeong Gi Lee, Sunghyun Choi. Boston : Artech House, 2008
- Radiocomunicaciones, FRANCISCO RAMOS PASCUAL  
MARCOMBO, S.A., 2007
- Redes inalámbricas en los países en desarrollo, Jane Butler, Ermanno Pietrosemoli.  
Creative Commons Attribution -ShareAlike 3.0.
- Las tecnologías Wifi y Wimax. Eladio Maqueda Gil. Diputación de Badajoz.

## 8- ENLACES DE INTERES

Wikipedia (2016) - < [https://es.wikipedia.org/wiki/Sierra\\_de\\_la\\_Pandera](https://es.wikipedia.org/wiki/Sierra_de_la_Pandera)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Los\\_Villares](https://es.wikipedia.org/wiki/Los_Villares)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Valdepe%C3%B1as\\_de\\_Ja%C3%A9n](https://es.wikipedia.org/wiki/Valdepe%C3%B1as_de_Ja%C3%A9n)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Fuensanta\\_de\\_Martos](https://es.wikipedia.org/wiki/Fuensanta_de_Martos)  
<http://www.verpueblos.com/andalucia/jaen/el+parrizoso/>  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Ot%C3%AD%C3%B1ar>  
[https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11) >

Telequismo, El blog de las telecomunicaciones –

< <http://www.telequismo.com/2012/03/wimax-en-banda-libre-existe.html> >

Radio-Electronics. - <<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wimax/frecuencias-spectrum.php> >

CNMC Blog - <<https://blog.cnmc.es/2010/05/28/conceptos-basicos-de-telecos-redes-inalambricas-fijas-y-en-bandas-de-uso-comun/> >

Redes Wimax -

<<http://redeswimax.jimdo.com/wimax/est%C3%A1ndares/est%C3%A1ndar-802-16-wimax/> >

CCM - <<http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

<http://es.ccm.net/fag/580-wi-fi-descripcion-y-explicacion-en-relacion-al-tipo-de-antena>

<http://es.ccm.net/contents/795-wimax-802-16-interoperabilidad-mundial-para-acceso-por-micro>>

BOE - < [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-4950](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-4950) >

Notas UN CNAF 2013 -

<<http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/Paginas/CNAF.aspx> >

## **9- ANEXOS**

Anexo I. Características de los equipos usados.



# PTP 100

The Cambium Networks PTP 100 Series of Point-to-Point wireless Ethernet bridges provide a low-cost-of-entry solution for deployment, expansion and extension of broadband communications networks. The PTP 100 Series also offers the scalability of simple, affordable software key-based license upgrades for additional performance and capacity as networks grow.

An organization can begin with a system that delivers 2 Mbps of aggregate throughput at one of the lowest initial costs in the industry. When upgrades are needed, the user simply purchases software license keys that allow incremental over-the-air upgrades to 4 Mbps and to 7 Mbps aggregate data rates. Licenses that deliver up to 14 Mbps are also available.

Cambium Networks provides exceptional wireless broadband connectivity solutions. With more than 3 million modules deployed in thousands of networks around the world, Cambium solutions are proven to provide cost effective, reliable data, voice and video connectivity.

## SPECIFICATIONS

PRODUCT	
<b>MODEL NUMBER</b>	2.4 GHz - 2400BH00, 2400BH2000 5.1 GHz - 5202BHG, 5202BH200 5.2 GHz - 5200BHG, 5200BH200 5.4 GHz - 5400BH02G, 5400BHG, 5400BH200 5.8 GHz - 5700BH02G, 5700BHG, 5700BH200
SPECTRUM	
<b>CHANNEL SPACING</b>	2.4 GHz - Configurable on 2.5 MHz increments 5 GHz - Configurable on 5 MHz increments
<b>FREQUENCY RANGE</b>	2.4 GHz - 2415 - 2457.5 MHz 5.1 GHz - 5150 - 5350 MHz 5.2 GHz - 5250 - 5350 MHz 5.4 GHz - 5470 - 5725 MHz 5.8 GHz - 5725 - 5850 MHz 5.9 GHz - 5850 - 6050 MHz
<b>CHANNEL WIDTH</b>	20 MHz
INTERFACE	
<b>ETHERNET INTERFACE</b>	10/100 Base T, half/full duplex. Rate auto negotiated (802.3 compliant)
<b>PROTOCOLS USED</b>	IPv4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP, PPPoE
<b>NETWORK MANAGEMENT</b>	HTTP, TELNET, FTP, SNMPv2c
<b>VLAN</b>	802.1Q with 802.1p Priority
PERFORMANCE	
<b>MAXIMUM DEPLOYMENT RANGE</b>	Base Unit: 3.2 km (2 mi.) with LENS: 32 km (20 mi.) with Reflector Dish: 56 km (35 mi.)
<b>MAXIMUM AGGREGATE THROUGHPUT</b>	PTP110 - 2 Mbps PTP120 - 7 Mbps PTP130 - 14 Mbps

## SPECIFICATIONS

<b>CARRIER TO INTERFERENCE RATIO (C/I)</b>	-3dB @ 2 level FSK, -10dB @ 4 Level FSK
<b>ACCESS METHOD</b>	Time Division Duplexing/Time Division Multiple Access (TDD/TDMA)
<b>LINK BUDGET</b>	
<b>ANTENNA BEAM WIDTH</b>	3 dB antenna beam width 60 degrees, Azimuth and Elevation
<b>ANTENNA GAIN</b>	2.4 GHz - 28 dBi
<b>EIRP</b>	2.4 GHz - Up to 33 dBm 5 GHz - Up to 30 dBm
<b>SENSITIVITY (dBm typical)</b>	-86 dBm @ 2 Level FSK, -79 dBm @ 4 Level FSK
<b>REFLECTOR GAIN</b>	+ 13 dBi for 2.4 GHz radio + 19 dBi for 5 GHz radio
<b>LENS GAIN</b>	+ 10 dBi for 5 GHz radio
<b>PHYSICAL</b>	
<b>CONNECTORIZED ANTENNA OPTION</b>	5.4 GHz, 5.7 GHz
<b>MEAN TIME BETWEEN FAILURE</b>	> 40 years
<b>TEMPERATURE</b>	-40° F to +131° F (-40° C to +55° C)
<b>WEIGHT</b>	1 lb (.45 kg)
<b>WIND SURVIVAL</b>	118 miles/hr (190 km/hr)
<b>DIMENSIONS (HxWxD)</b>	30 x 9 x 9 cm (11.75" x 3" x 3")
<b>MAXIMUM POWER CONSUMPTION</b>	8 W
<b>INPUT VOLTAGE</b>	24 - 30 VDC
<b>SECURITY</b>	
<b>ENCRYPTION</b>	DES, AES Optional FIPS 197 Certified – 5.1 and 5.9 GHz are DES only
<b>CERTIFICATIONS</b>	
<b>CE</b>	2.4 GHz - EN 300 328 5.4 GHz - EN 301 893 5.8 GHz - EN 302 502
<b>INDUSTRY CANADA CERT</b>	2.4 GHz - 109W-2400 5.2 GHz - 109W-5200 5.4 GHz - 109W-5400 5.8 GHz - 109W-5700G
<b>FCC ID</b>	2.4 GHz - ABZ89FC5808 5.2 GHz - ABZ89FC3789 5.4 GHz - ABZ89FT7623 5.8 GHz - ABZ89FT7630

**anfer**

RADIOCOMUNICACIONES

info@anfer.com www.anfer.com

Tel. (+34) 963 311 410 Fax. (+34) 963 311 411



www.cambiumnetworks.com

Cambium Networks, Cambium and the Cambium Networks logo are trademarks or registered trademarks of Cambium Networks, LTD and are used under license. All other trademarks are the property of their respective owners. © 2012 Cambium Networks LTD. All rights reserved.



## BreezeACCESS® 900

Operating in the license-exempt 902-928 MHz band, BreezeACCESS® 900 is a cost-effective Broadband Wireless Access solution that enables service providers to deliver high-speed, wireless data and voice services for fixed and mobile applications. BreezeACCESS 900 enables the reliable delivery of services in non-line-of-sight (NLOS), foliage-dense environments.

### The BreezeACCESS 900

- easily deployed without the cost of adding base station infrastructure
- integrates easily with existing BreezeACCESS networks
- leveraging available capacity from operational 2.4 GHz and 5 GHz networks

BreezeACCESS SU-M is the mobile subscriber unit used to provide robust, interference-resistant mobile coverage of up to several miles radius per cell at a fraction of the cost of competing technologies.

BreezeACCESS SU-M is already deployed throughout North America to manage fleet of cars remotely and provide remote access to crews in public safety organizations (EMS, police, fire, etc.), transit entities, and other field workers for:

- high-speed Internet and LAN connections while on the move throughout entire cities and service areas
- increases individual productivity between 2-3 hours per day
- allows more field time
- more efficient management of remote IT assets
- shorter time to arrest cycles



### Product Highlights

- Secure, robust and reliable wireless access over urban or rural areas created with 10 times less infrastructure than mesh systems
- Superior range with hybrid digital modulation to customize frequency operation away from sources of interference and variable antenna polarity
- Comprehensive built-in spectrum analyzer utility for site surveys, network planning, system configuration and troubleshooting
- Increased revenues by growing networks and subscriber base with little additional investment
- Meets requirements for rugged, robust field performance
- Perform "hand-off" at speeds of 60 MPH
- Assures full operation with typical automobile power (9-18 VDC)
- Complies with EN300 019-2-5 transportation specifications for shock, vibration, and environment

The Gemtek Systems P-560 Plus Hotspot-in-a-box is a high-performance and highly integrated Access Controller for public access networks. One single P-560 Hotspot-in-a-box can serve up to 100 simultaneous users and can create up to 200 subscribers which takes control over authentication, accounting and routing to the Internet as well as to the operator's central office. The high-performance architecture of the product enables scalable access solutions for small venues like cafes and restaurants as well as for medium and large locations like hotels, hospitals or enterprises.

**Access Control Gateway**

The P-560 Plus supports multiple secure authentication methods from standard web browser login (Universal Access Method), MAC authentication, to 802.1x/EAP with passwords, certificates, SIM cards, POP3 and LDAP. The integrated real-time accounting system is based on standard RADIUS/EAP and supports various billing plans from prepaid, pay-per-time, per-volume, per-use or flat rate. P-560 Plus has been tested for interoperability with various OSS/BSS systems providing either centralized or decentralized access control.

**Built-in AAA Server with e-Billing**

Advanced built-in AAA with e-Billing systems enable hotspot owner to manage customers with predefined access and billing plans for post-pay Subscribers. Both built-in account and Telco roaming RADIUS account are supported simultaneously.

**Multiple BSSID "Virtual AP" technology**

P-560 Plus can create up to 16 Basic Service Sets(BSS) on a single device. These basic service sets can be looked as "virtual APs", and each can be configured independently to support range of security policies, authentication methods, RADIUS servers



**Customizable Login Pages**

Service providers can benefit from the flexible web redirection service of the Gemtek-Systems Access Controller. P-560 Plus provides a set of location, browser, and user-specific information to the backend system to enable value added personalized services by the WISP. Detailed location information is available via Https/XML interfaces. Web pages can be either stored locally on the P-560 Plus or remotely on a web portal server.

**Zero Configuration for Subscribers**

P-560 Plus makes internet access very easy and user-friendly for the end-user. Subscribers will be redirected to the providers welcome page automatically regardless of their PC configuration. The UAT (Universal Address Translation) feature will accept and translate fixed company IP settings and web proxy configurations - so end-users do not have to reset their corporate IP or web settings. Equally, outgoing subscriber e-mails can be redirected to the operator's mail server in order to facilitate e-mail forwarding for foreign subscribers. The recipient sees the message as if it was sent from the user's home provider.

**Remote Management**

You can choose between a variety of different management interfaces to remotely configure, monitor, or update the P-560 Plus and the access devices behind the controller. The P-560 Plus can be managed via SNMP, https, SSH or telnet.

**Key Feature**

- ▲ IEEE 802.11g/b High-Performance Wi-Fi Access Point
- ▲ Support Multiple BSSID up to 16 "Virtual AP"
- ▲ Layer2 isolation
- ▲ WPA/WPA2 (Wi-Fi Protected Access) support
- ▲ Adjustable RF output power support
- ▲ User authentication with web browser log-in (UAM) and 802.1x/EAP support, Smart Client support, MAC authentication
- ▲ Built-in AAA with e-Billing and pre-paid systems (create up to 200 user accounts)
- ▲ AAA Radius client and proxy server with EAP support
- ▲ Per-user bandwidth management (on AC or via RADIUS)
- ▲ SSL protected access, WISPr compatible log-on via web browser with SSL/TLS, iPass client support
- ▲ Customizable user welcome, login and logout web interface, XML support (internal, external) and HTML support
- ▲ IP routing with IPsec and PPTP pass-through, NAT/NAPT, Port-forwarding
- ▲ WAN protocols: PPPoE, PPTP, DHCP client
- ▲ VPN Client, PPTP/MPPE, GRE
- ▲ Management subnet for remote AP management
- ▲ Universal Address Translation (UAT), web proxy support
- ▲ Walled garden area (authentication free web sites)
- ▲ E-mail redirection
- ▲ DHCP server/relay/client
- ▲ Remote management via SNMP v1, 2c, 3, SNMP proxy, https, SSH, telnet, console
- ▲ Support up to 100 simultaneous users



## Wireless Specification

- Standard IEEE 802.11g (OFDM), IEEE 802.11b (DSSS), 2.4GHz ISM band, Wi-Fi compliant
- Data Rate
  - 802.11g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps
  - 802.11b: 11Mbps, 5.5Mbps, 2, 1Mbps (auto fall back)
- Client Stations Max. 30 simultaneous connected wireless client stations
- Typical range 50 meters in indoor environments, up to 300m outdoors
- Transmit Power Max. 17 dBm (EIRP)
- Virtual AP\*, up to 16 multiple Basic service set
- Antennas Two 2dBi dipole antennas with space diversity, SMA connectors.
- Wireless security: WEP (64bits/128bits) WPA/WPA2 (TKIP/AES)

## Related Product

Controller : G-4200  
 Access Point : P-520 54Mb Operator Access Point  
 P-720 Dual-Band 2.4GHz/5GHz Outdoor AP

## Physical Environment

**Interface**  
 Ethernet interface: LAN : 4 switched ports 10/100Base\_T/Tx, (RJ-45), auto-sensing  
 WAN : 1 port 10/100Base\_T/Tx(RJ-45), auto-sensing  
 WLAN interface WLAN : two RP-SMA antenna connectors  
 Power Power : 5V DC, 2.5A

**Physics Characteristics**  
 Dimension: 195 mm x 160 mm x 27 mm  
 Weight: 450g

**Environment Characteristics**

	Temperature	Humidity
Operating	0 oC to 55oC	10% to 95%, non-condensing
Storage	-10 to 65 oC	5% to 95% (non-condensing)

**Power Supply**  
 External power adapter, input: 100-230V AC, 50-60Hz;  
 output: 5V DC, 2.5A

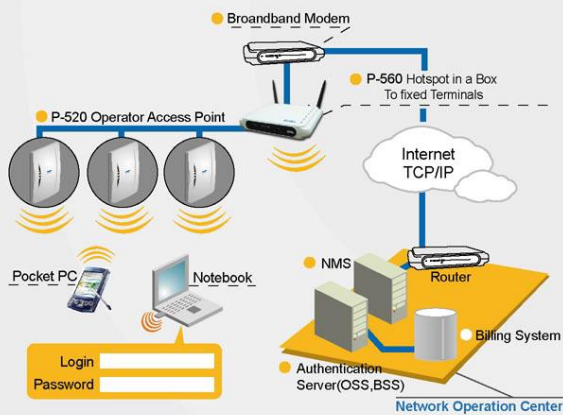
**Management**  
 Interface: Https, Telnet, SSH, SNMP(MIB II, private MIB)  
 Software Upgrade: Remote firmware update via HTTPs, FTP  
 Restore Default: Remote reset / Manufacturing reset

**LEDs**  
 5 LEDs Power: WAN Link, Online, WLAN link, 4x LAN link

**Warranty**  
 1 year

## Package Contents

- P-560 Plus Hotspot in a Box
- CD with KickStart Utility, User Manual(\*.pdf)
- Printed Warranty Card (1 year)
- Ethernet Cat.5 Cable
- 5V/2.5A Power Supply
- Antenna X 2



Application

**Gemtek Systems, Taiwan**  
 No.1 Jen Ai Rd,  
 Hsinchu Industrial Park,  
 Hukou, Hsinchu,  
 Taiwan, R.O.C. 303  
 Tel: +886-3-5985535  
 Fax: +886-3-5972970

**Gemtek Systems, China**  
 4F, C Building, No.1618, Yishan Rd.,  
 Shanghai, China  
 Tel: +86-21-64656780  
 Fax: +86-21-54222254  
 ZIP: 201103

## ESTANDARES INALAMBRICOS 802.11

La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). **Wi-Fi** (que significa "Fidelidad inalámbrica", a veces incorrectamente abreviado WiFi) es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11. Por el uso indebido de los términos (y por razones de marketing) el nombre del estándar se confunde con el nombre de la certificación. Una red Wi-Fi es en realidad una red que cumple con el estándar 802.11. A los dispositivos certificados por la Wi-Fi Alliance se les permite usar este logotipo:

Con Wi-Fi se pueden crear redes de área local inalámbricas de alta velocidad siempre y cuando el equipo que se vaya a conectar no esté muy alejado del punto de acceso. En la práctica, Wi-Fi admite ordenadores portátiles, equipos de escritorio, asistentes digitales personales (PDA) o cualquier otro tipo de dispositivo de alta velocidad con propiedades de conexión también de alta velocidad (11 Mbps o superior) dentro de un radio de varias docenas de metros en ambientes cerrados (de 20 a 50 metros en general) o dentro de un radio de cientos de metros al aire libre.

Los proveedores de Wi-Fi están comenzando a cubrir áreas con una gran concentración de usuarios (como estaciones de trenes, aeropuertos y hoteles) con redes inalámbricas. Estas áreas se denominan "**zonas locales de cobertura**".

Introducción a Wi-Fi (802.11)

El estándar 802.11 establece los niveles inferiores del modelo OSI para las conexiones inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas, por ejemplo:

- La capa física (a veces abreviada capa "PHY") ofrece tres tipos de codificación de información.
- La capa de enlace de datos compuesta por dos subcapas: **control de enlace lógico (LLC)** y **control de acceso al medio (MAC)**.

La capa física define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos mientras que la capa de enlace de datos define la interfaz entre el bus del equipo y la capa física, en particular un método de acceso parecido al utilizado en el estándar Ethernet, y las reglas para la comunicación entre las estaciones de la red. En realidad, el estándar 802.11 tiene tres capas físicas que establecen modos de transmisión alternativos:

Capa de enlace de datos (MAC)	802.2
	802.11
Capa física (PHY)	DSSS   FHSS   Infrarrojo

Cualquier protocolo de nivel superior puede utilizarse en una red inalámbrica Wi-Fi de la misma manera que puede utilizarse en una red Ethernet.

#### LOS DISTINTOS ESTÁNDARES WI-FI

**TABLA COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES INALÁMBRICOS**

Estándar inalámbrico	Frecuencia de funcionamiento	Velocidad de datos (típica)	Velocidad de datos (máx.)	R. Ambientes Cerrados	R. Ambientes Abiertos
802.11a	5 GHz	25 Mbps*	54 Mbps*	70 metros	70 metros
802.11b	2.4 GHz	6.5 Mbps*	11 Mbps*	100 metros	200 metros
802.11g	2.4 GHz	25 Mbps*	54 Mbps*	50 metros.	400 metros.
802.11n	2.4 GHz	200 Mbps*	500 Mbps*	50 metros	500 metros

El estándar 802.11 en realidad es el primer estándar y permite un ancho de banda de 1 a 2 Mbps. El estándar original se ha modificado para optimizar el ancho de banda (incluidos los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, denominados estándares físicos 802.11) o para especificar componentes de mejor manera con el fin de garantizar mayor seguridad o compatibilidad. La tabla a continuación muestra las distintas modificaciones del estándar 802.11 y sus significados:

Nombre del estándar	Nombre	Descripción
802.11a	Wifi5	El estándar 802.11 (llamado WiFi 5) admite un ancho de banda superior (el rendimiento total máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz.
802.11b	Wifi	El estándar 802.11 es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles.
802.11c	Combinación del 802.11 y el 802.1d	El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11 (en el nivel de enlace de datos).
802.11d	Internacionalización	El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos

		intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.
<b>802.11e</b>	Mejora de la calidad del servicio	El estándar 802.11e está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la <i>capa de enlace de datos</i> . El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo.
<b>802.11f</b>	Itinerancia	El 802.11f es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el <i>protocolo IAPP</i> que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. También se conoce a esta propiedad simplemente como <i>itinerancia</i> .
<b>802.11g</b>		El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b.
<b>802.11h</b>		El estándar <i>802.11h</i> tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo (HiperLAN 2, de ahí la <i>h</i> de 802.11h) y cumplir con las regulaciones europeas relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético.
<b>802.11i</b>		El estándar <i>802.11i</i> está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g.
<b>802.11j</b>		El estándar <i>802.11j</i> es para la regulación japonesa lo que el 802.11h es para la regulación europea.
<b>802.11k</b>		Permite a los conmutadores y puntos de acceso inalámbricos calcular y valorar los recursos de radiofrecuencia de los clientes de una red WLAN, mejorando así su gestión. Está diseñado para ser implementado en software, para soportarlo el equipamiento WLAN sólo requiere ser actualizado. Y, como es

		lógico, para que el estándar sea efectivo, han de ser compatibles tanto los clientes (adaptadores y tarjetas WLAN) como la infraestructura (puntos de acceso y conmutadores WLAN).
<b>802.11n</b>		<p>El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física.<sup>2,3</sup></p> <p>En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación <b>n</b> o <b>g</b>, sin embargo ya se ha ratificado el estándar <b>802.11n</b> que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).</p>
<b>802.11p</b>		Este estándar opera en el espectro de frecuencias de 5,90 GHz y de 6,20 GHz, especialmente indicado para automóviles. Será la base de las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) en Norteamérica. La tecnología DSRC permitirá el intercambio de datos entre vehículos y entre automóviles e infraestructuras en carretera.
<b>802.11r</b>		su principal característica es permitir a la red que establezca los protocolos de seguridad que identifican a un dispositivo en el nuevo punto de acceso antes de que abandone el actual y se pase a él. Esta función, que una vez enunciada parece obvia e indispensable en un sistema de datos inalámbricos, permite que la transición entre nodos demore menos de 50 milisegundos. Un lapso de tiempo de esa magnitud es lo suficientemente corto como para mantener una comunicación vía VoIP sin que haya cortes perceptibles.
<b>802.11v</b>		IEEE 802.11v servirá para permitir la configuración remota de los dispositivos cliente. Esto permitirá una gestión de las estaciones de forma centralizada (similar a una red celular) o distribuida, a través de un mecanismo de capa 2. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de la red para supervisar, configurar y actualizar las estaciones cliente. Además de la mejora de la gestión, las nuevas capacidades proporcionadas por el 11v se desglosan en cuatro categorías: mecanismos de ahorro de energía con dispositivos de mano VoIP Wi-Fi en mente; posicionamiento, para proporcionar nuevos servicios dependientes de la ubicación; temporización, para soportar

		aplicaciones que requieren un calibrado muy preciso; y coexistencia, que reúne mecanismos para reducir la interferencia entre diferentes tecnologías en un mismo dispositivo.
<b>802.11w</b>		Este estándar podrá proteger las redes contra la interrupción causada por los sistemas malévolos que crean peticiones desasociadas que parecen ser enviadas por el equipo válido. Se intenta extender la protección que aporta el estándar 802.11i más allá de los datos hasta las tramas de gestión, responsables de las principales operaciones de una red. Estas extensiones tendrán interacciones con IEEE 802.11r e IEEE 802.11u.

### 802.11a

El estándar 802.11 tiene en teoría un flujo de datos máximo de 54 Mbps, cinco veces el del 802.11b y sólo a un rango de treinta metros aproximadamente. El estándar 802.11a se basa en la tecnología llamada OFDM (*multiplexación por división de frecuencias ortogonales*). Transmite en un rango de frecuencia de 5 GHz y utiliza 8 canales no superpuestos.

Es por esto que los dispositivos 802.11a son incompatibles con los dispositivos 802.11b. Sin embargo, existen dispositivos que incorporan ambos chips, los 802.11a y los 802.11b y se llaman dispositivos de "**banda dual**".

Velocidad hipotética (en ambientes cerrados)	Rango
54 Mbit/s	10 m
48 Mbit/s	17 m
36 Mbit/s	25 m
24 Mbit/s	30 m
12 Mbit/s	50 m
6 Mbit/s	70 m

### 802.11b

El estándar 802.11b permite un máximo de transferencia de datos de 11 Mbps en un rango de 100 metros aproximadamente en ambientes cerrados y de más de 200 metros al aire libre (o incluso más que eso con el uso de antenas direccionales).

<b>Velocidad hipotética</b>	<b>Rango (en ambientes cerrados)</b>	<b>Rango (al aire libre)</b>
11 Mbit/s	50 m	200 m
5,5 Mbit/s	75 m	300 m
2 Mbit/s	100 m	400 m
1 Mbit/s	150 m	500 m

### 802.11g

El estándar 802.11g permite un máximo de transferencia de datos de 54 Mbps en rangos comparables a los del estándar 802.11b. Además, y debido a que el estándar 802.11g utiliza el rango de frecuencia de 2.4 GHz con codificación OFDM, es compatible con los dispositivos 802.11b con excepción de algunos dispositivos más antiguos.

<b>Velocidad hipotética</b>	<b>Rango (en ambientes cerrados)</b>	<b>Rango (al aire libre)</b>
54 Mbit/s	27 m	75 m
48 Mbit/s	29 m	100 m
36 Mbit/s	30 m	120 m
24 Mbit/s	42 m	140 m
18 Mbit/s	55 m	180 m
12 Mbit/s	64 m	250 m
9 Mbit/s	75 m	350 m
6 Mbit/s	90 m	400 m

## 802.11n

En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 (Tgn) para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas (3). Existen también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas. El estándar ya está redactado, y se viene implantando desde 2008. A principios de 2007 se aprobó el segundo boceto del estándar. Anteriormente ya había dispositivos adelantados al protocolo y que ofrecían de forma no oficial este estándar (con la promesa de actualizaciones para cumplir el estándar cuando el definitivo estuviera implantado). Ha sufrido una serie de retrasos y el último lo lleva hasta noviembre de 2009. Habiéndose aprobado en enero de 2009 el proyecto 7.0 y que va por buen camino para cumplir las fechas señaladas.<sup>1</sup> A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Además, es útil que trabaje en la banda de 5 GHz, ya que está menos congestionada y en 802.11n permite alcanzar un mayor rendimiento.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física.<sup>2 3</sup>

En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación **b o g**, sin embargo ya se ha ratificado el estándar **802.11n** que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar **802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5,4 Ghz**. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del estándar, se empiezan a fabricar de forma masiva y es objeto de promociones por parte de los distintos ISP, de forma que la masificación de la citada tecnología parece estar en camino. Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitará nada más que su adaptador wifi integrado, para poder conectarse a la red.

Sin duda esta es la principal ventaja que diferencia wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE, UMTS y Wimax, las tres tecnologías mencionadas, únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que está autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos wifi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL, ya suele venir acompañada de wifi 802.11n, como novedad en el mercado de usuario doméstico.

Se conoce que el futuro estándar sustituto de 802.11n será 802.11ac con tasas de transferencia superiores a 1 Gb/s.<sup>4</sup>

### **IEEE 802.11 b e IEEE 802.11 g**

Los identificadores de canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada canal usado por IEEE 802.11b e IEEE 802.11g:

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan la banda de 2,4. En esta banda se definieron 11 canales utilizables por equipos WIFI, que pueden configurarse de acuerdo a necesidades particulares. Sin embargo los 11 canales no son completamente independientes (Un canal se superpone y produce interferencias hasta un canal a 4 canales de distancia). El ancho de banda de la señal (22MHz) es superior a la separación entre canales consecutivos (5MHz), por eso se hace necesaria una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes, ya que al utilizar canales con una separación de 5 canales entre ellos (y a la vez cada uno de estos con una separación de 5MHz de su canal vecino) entonces se logra una separación final de 25MHz, lo cual es mayor al ancho de banda que utiliza cada canal del estándar 802.11, el cual es de 22MHz. Tradicionalmente se utilizan los canales 1, 6 y 11, aunque se ha documentado que el uso de los canales 1, 5, 9 y 13 (en dominios europeos) no es perjudicial para el rendimiento de la red.<sup>5 6</sup>

Esta asignación de canales usualmente se hace sólo en el Punto de acceso, pues los "clientes" automáticamente detectan el canal, salvo en los casos en que se forma una red "Ad-Hoc" o punto a punto cuando no existe Punto de acceso.

### **IEEE 802.11 a**

Los identificadores de canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada canal usado por IEEE 802.11a:

Pese a que el ensanchado de espectro y la modulación son diferentes, en la banda de 5GHz se mantiene un ancho de banda cercano a los 20MHz, de manera que el requerimiento de separación de 5 canales de la banda de 2,4GHz se mantiene. Para la compatibilidad con sistemas de radar existentes y evitar interferencias con comunicaciones por satélite, en Europa se requiere la implementación de un control dinámico de las frecuencias y un control automático de las potencias de transmisión. Es por eso que para su uso en Europa, las redes 802.11a deben incorporar las modificaciones del 802.11h.