

T.F.C. Integración de redes telemáticas

Proyecto de integración de red Wireless en el municipio de Carboneras (Almería).

Juan José Fernández Espín
enero/2015

Tabla de contenido

1. Introducción	6
2. Estudio del municipio.....	7
2.1. Localización geográfica.....	7
2.2. Orografía	9
2.3. Demografía	10
3. Objetivos globales	12
4. Áreas de cobertura	12
5. Usuarios	13
5.1. Velocidades.....	14
5.1.1. Velocidad de acceso a la red	14
5.1.2. Velocidad de acceso a Internet	16
6. Tecnologías	19
6.1. Red cableada	19
6.2. Red inalámbrica	20
6.3. Sistema elegido.....	21
7. Servicios	23
8. Arquitectura	24
8.1. Topología	24
8.2. Redundancia	27
8.3. Topología completa.....	29
9. Lista de equipos.....	30
9.1. Switch	31
9.2. Antenas punto a punto	33
9.3. Puntos de acceso inalámbricos.....	35
9.4. Lista de modelos	36
10. Instrucciones de instalación	36
10.1. Instalación de antena punto a punto	37
10.2. Instalación de switch de datos	40
10.3. Instalación del punto de acceso inalámbrico	42
11. Requisitos previos	44
11.1. Requisitos en el centro de informática	45
11.2. Torre de transmisión	45
11.3. Postes de luz	46
12. Presupuesto	46

13.	SIMULACIÓN DE ENLACES	48
13.1.	Plaza del Castillo	49
13.2.	Parque de la oficina de Turismo, en la calle del Mar.	50
13.3.	Plaza Pablo Picasso, localizada en la calle Carril	50
13.4.	La avenida Almería con la calle Nueva, a nivel de la estación de autobuses Alsa	52
13.5.	Parque de la calle Balandro	53
13.6.	Avenida Garrucha – Fuente de soda	54
13.7.	Avenida Garrucha - Pizzería	55
13.8.	Avenida Garrucha – Final	56
14.	Alineación de los enlaces punto a punto	57
15.	Aspectos legales	58
16.	Conclusiones.....	59
	Anexo I Simbología.....	62
	Anexo II Enlaces inalámbricos futuros.....	63
	Anexo III Documentación de equipos.....	73

Tabla de ilustraciones

Ilustración 2.1:	Localización de Carboneras en España	8
Ilustración 2.2:	Localización de Almería	8
Ilustración 2.3:	Localización de Carboneras	9
Ilustración 2.4:	Mapa orográfico	10
Ilustración 6.1:	Topología de una red cableada.....	19
Ilustración 6.2:	Topología de una red inalámbrica	20
Ilustración 8.1:	Conexión extremo a extremo	24
Ilustración 8.2:	Arquitectura de la red inalámbrica	26
Ilustración 8.3:	Redundancia en la capa de Distribución	28
Ilustración 8.4:	Instalación de enlaces inalámbricos	29
Ilustración 9.1:	Apilamiento de energía.....	32
Ilustración 10.1:	Preparación de las arandelas	37
Ilustración 10.2:	Instalación del kit de montaje en poste.....	37
Ilustración 10.3:	Guía de alineación.....	38
Ilustración 10.4:	Instalación de la antena en el poste	38
Ilustración 10.5:	Detalle de la fijación de la antena al poste	39
Ilustración 10.6:	Descubrimiento de las interfaces de comunicaciones.....	39
Ilustración 10.7:	Conexión del cable de red a la antena	39
Ilustración 10.8:	Conexión de la alimentación eléctrica	40
Ilustración 10.9:	Preparación del switch	40
Ilustración 10.10:	Instalación de las pestañas de sujeción	41

Ilustración 10.11: Instalación del switch en armario.....	41
Ilustración 10.12: Instalación de la guía de cables	41
Ilustración 10.13: Instalación del módulo SFP	42
Ilustración 10.14: Fijación del módulo SFP.....	42
Ilustración 10.15: Conexión de cables de fibra óptica al módulo SFP .	42
Ilustración 10.16: Preparación de la arandela de sujeción	43
Ilustración 10.17: Instalación del kit del montaje en el poste	43
Ilustración 10.18: Ajuste de la estructura.....	43
Ilustración 10.19: Instalación del punto de acceso en el poste.....	44
Ilustración 10.20: Conexión del radio a la alimentación eléctrica	44
Ilustración 13.1: Cobertura en el ayuntamiento	50
Ilustración 13.2: Ubicación de la Plaza Pablo Picasso	51
Ilustración 13.3: Representación del enlace	51
Ilustración 13.4: Resultados del enlace	52
Ilustración 13.5: Ubicación de la calle Almería con Avenida Nueva	52
Ilustración 13.6: Representación del enlace	52
Ilustración 13.7: Resultados del enlace	53
Ilustración 13.8: Ubicación del parque de la calle Balandro	53
Ilustración 13.9: Representación gráfica.....	53
Ilustración 13.10: Resultados del enlace	54
Ilustración 13.11: Fuente de soda la calle Garrucha.....	54
Ilustración 13.12: Representación gráfica.....	54
Ilustración 13.13: Resultados del enlace	54
Ilustración 13.14: Ubicación de la pizzería en la avenida Garrucha	55
Ilustración 13.15: Representación gráfica.....	55
Ilustración 13.16: Resultados del enlace	56
Ilustración 13.17: Ubicación de la antena	56
Ilustración 13.18: Representación gráfica del enlace	56
Ilustración 13.19: Resultados del enlace	57

Lista de tablas

Tabla 5.1: Velocidades de dispositivos finales	14
Tabla 5.2: Requerimientos de velocidad de aplicaciones en ordenadores.	15
Tabla 5.3: Requerimientos de velocidad de aplicaciones en smartphones y tablets	15
Tabla 5.4: Velocidad por dispositivo de red	16
Tabla 5.5: Número de usuarios por radio	17
Tabla 5.6: Ancho de banda a contratar.....	17
Tabla 5.7: Aplicaciones utilizadas por ordenadores portátiles	17
Tabla 5.8: Aplicaciones utilizadas por smartphones	18
Tabla 5.9: Aplicaciones utilizadas por tablets	18

Tabla 5.10: Consumo total de ancho de banda	18
Tabla 9.1: Lista de modelos a instalar	36
Tabla 12.1: Presupuesto de equipos	47
Tabla 12.2: Presupuesto de instalación.....	48
Tabla 13.1: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Plaza Pablo Picasso.....	51
Tabla 13.2: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Avenida Nueva.....	52
Tabla 13.3: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Parque Balandro.....	53
Tabla 13.4: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Parque Balandro.....	54
Tabla 13.5: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Parque Balandro.....	55
Tabla 13.6: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – Final de avenida Garrucha.....	56

1. Introducción

En este documento se introduce el diseño del sistema tecnológico necesario para proveer acceso a Internet, de forma gratuita, a los vecinos y visitantes del municipio Carboneras, en la provincia Almería.

Es de hacer notar que todo el estudio de velocidades será realizado desde una estimación, basándose en el tráfico que normalmente se cursa desde cada uno de los tipos de dispositivos que los usuarios de una red pública posee. No es algo absoluto. En su lugar, debe ajustarse sobre la marcha, cuando los administradores del sistema conozcan cuál es el comportamiento que realmente tienen los usuarios del municipio. En este documento se presenta una primera aproximación que puede o no ser exacta y ajustada a la realidad del lugar y de la población.

Este proyecto surge del interés del ayuntamiento del municipio en proveer acceso público y gratuito a Internet a los vecinos y visitantes del pueblo. La intención del municipio es ofrecer este servicio a todos aquellos visitantes del pueblo de forma que se entregue un servicio integral a todos ellos.

Se quiere crear una experiencia turística completa al visitante aprovechando que el pueblo está localizado a la orilla del mar, y que existe un paseo marítimo muy transitado por vecinos y visitantes.

Las próximas secciones de este capítulo explican diversas condiciones relacionadas con el pueblo. Estas condiciones afectarán el diseño del proyecto debido a las siguientes razones:

- El hecho de que el municipio esté completamente urbanizado hace que sea inviable crear una red de fibra óptica debido a que de esta forma se evita el tener que romper calles y realizar todas las construcciones necesarias.
- La orografía del terreno y el clima imperante en la región afectarán la calidad de los enlaces inalámbricos.
- La demografía del pueblo, la concentración de usuarios a lo largo del mismo, así como las aplicaciones y servicios que utilizan en sus dispositivos finales, afectarán la velocidad de transmisión que cada uno de ellos disfrutará.

El primer capítulo del documento introduce físicamente al municipio y menciona su ubicación y relieve, así como aspectos relacionados con su población.

El segundo capítulo menciona los objetivos que se persiguen con la realización de este Trabajo Fin de Carrera (en adelante TFC), incluyendo las características que el sistema a instalar deberá tener para cumplir con su objetivo fundamental.

El tercer capítulo menciona cuáles son los sitios donde se proveerá acceso público a Internet.

El cuarto capítulo hace un estudio del número de usuarios que probablemente recibirán el servicio en cada una de las localizaciones mencionadas en el capítulo número tres.

El quinto capítulo presenta las velocidades que los usuarios probablemente solicitarán al sistema, basándose en el tipo de dispositivos que suelen utilizar. Se incluye también en dicho capítulo la velocidad que deberá ser contratada por el ayuntamiento a su operador de datos para dar cobijo a todos los usuarios del sistema a diseñar con este TFC.

El sexto capítulo hace referencia a las opciones tecnológicas disponibles en la actualidad para cumplir con los objetivos perseguidos por el ayuntamiento de Carboneras; así como la elección de una de ellas basándose en la justificación que será expuesta.

Finalmente, el séptimo capítulo hace referencia a que se puede realizar la integración del sistema a diseñar en este TFC con otros sistemas informáticos que el ayuntamiento del municipio posea activos o planee activar en un futuro, junto con una reseña de lo que debería hacerse para incluir esos nuevos sistemas en el sistema que atañe a este documento.

2. Estudio del municipio

El objetivo del proyecto es prestar a los vecinos del pueblo de Carboneras acceso público a Internet en los sitios más concurridos y turísticos del mismo.

Se propone cumplir con éste objetivo en dos etapas:

- Cobertura de zonas emblemáticas del municipio, tales como parques, plazas y terrazas.
- Cobertura del paseo marítimo y del puerto.

2.1. Localización geográfica

Carboneras se localiza a 63 km. de la ciudad de Almería, capital de la provincia que lleva el mismo nombre; en la parte oriental de la comunidad de Andalucía.

El municipio tiene fronteras con:

- Norte: municipio de Sorbas.

- Noroeste: municipio de Sorbas.
- Oeste: municipio de Sorbas.
- Noreste: municipio de Mojácar.
- Sur: municipio de Níjar.
- Suroeste: municipio de Níjar.
- Sureste: mar Mediterráneo.
- Este: mar Mediterráneo.

El municipio tiene un área de 95 km², y una elevación de aproximadamente 10 metros (promedio) sobre el nivel del mar.

La Ilustración 2.1 muestra la ubicación del municipio en relación con España como país.



Ilustración 2.1: Localización de Carboneras en España

La Ilustración 2.2 muestra la ubicación de la provincia de Almería, donde se ubica el municipio.



Ilustración 2.2: Localización de Almería

La Ilustración 2.3 muestra la ubicación del municipio de Carboneras en relación con la provincia de Almería.



Ilustración 2.3: Localización de Carboneras

2.2. Orografía

El municipio posee claramente diferenciados entre sí dos clases de relieves:

- Relieve plano paralelo a la costa.
- Sierra montañosa en el interior, también paralelo a la costa.

Desde la aparición de la costa, el terreno se eleva progresivamente, y con un grado de inclinación muy leve, hacia el interior de la península. Los principales obstáculos a la propagación de señales electromagnéticas que existen en el municipio son edificaciones construidas por el ser humano.

No existen barreras naturales que dividan al municipio; tan sólo la Sierra Cabrera, una serranía de poca altitud que actúa como barrera natural entre Carboneras y otros municipios.

El municipio es prácticamente plano; con pequeñas inclinaciones que alcanzan una altitud promedio de diez metros sobre el nivel del mar, en las cuales se construyó todo el trazado urbano. La Ilustración 2.4 muestra la orografía presente en el municipio.



Ilustración 2.4: Mapa orográfico

2.3. Demografía

Carboneras tiene aproximadamente 8000 habitantes, con la siguiente distribución:

- Aproximadamente 25% de la población es menor de veinte años.
- Aproximadamente 10% de la población es mayor de 65 años.

Se estima que la población de Carboneras experimentará un crecimiento de aproximadamente el 15% en los próximos diez años, lo cual implicaría un crecimiento del 1,5% anual.

El paro en este municipio es de aproximadamente 18% de la población activa económicamente.

Existen aproximadamente 3000 líneas telefónicas instaladas y, de ellas, aproximadamente 1500 comparten su actividad con la tecnología ADSL.

El proyecto considerará agrupaciones de personas en sitios específicos del municipio, tales como plazas, parques infantiles y el paseo marítimo, para darle cobertura individual a cada uno de ellos.

Considerando que es un municipio turístico, se tendrá en cuenta agrupaciones elevadas de personas en algunos de estos lugares, tales como la plaza del ayuntamiento, el paseo marítimo, el puerto marítimo y algunas terrazas localizadas en su interior.

Como se puede intuir, la mayoría de habitantes permanentes y esporádicos del municipio posee teléfono móvil, y un porcentaje elevado de todos ellos utiliza un Smartphone con acceso a Internet vía operadoras o redes WiFi. Podría asumirse, por ser lo que ocurre normalmente en las pequeñas y grandes ciudades y pueblos, que las personas que regularmente utilizan un Smartphone como medio de conexión a Internet son aquellas cuya edad oscila entre los 15 y los 65 años.

Debido a que existe una gran actividad en el sector servicios, se intuye que un gran porcentaje de la población utiliza el teléfono móvil como medio de acceso a Internet de forma regular, incluso varias veces al día.

Las principales actividades económicas en el municipio son:

- Comercio mayorista y minorista.
- Hotelería.
- Almacenaje y transporte de productos.
- Manufactura.

Potencialmente, los 8000 habitantes del pueblo serán usuarios del sistema. Sin embargo, como se especifica en el capítulo 5, el dimensionamiento del mismo no se hará tomando en cuenta el número de usuarios totales del municipio, sino el número de usuarios que utilizarán cada una de las partes del sistema. Los recursos serán asignados localmente, ya que el acceso al sistema será realizado en las propias zonas de cobertura de la red.

3. Objetivos globales

El proyecto tiene como objetivo fundamental diseñar la red de datos a través de la que se provea acceso a Internet, público y gratuito, a los habitantes del municipio Carboneras, en la provincia de Almería.

El sistema deberá ofrecer un nivel de calidad de servicio lo suficientemente alto como para satisfacer las demandas de sus usuarios, lo cual se verá reflejado sobre todo en la disponibilidad de la red y en la velocidad de navegación disponible para cada suscriptor de la misma.

Así mismo, el sistema debe incorporar tecnología de punta, que sea interoperable con todos los sistemas informáticos y de comunicaciones que el ayuntamiento del municipio posee. Debe ser un sistema completamente integrable con los servicios ofrecidos por el ayuntamiento en la actualidad.

Se debe lograr un alto grado de facilidad de administración, gestión y resolución de incidencias y problemas. Se debe diseñar un sistema con el mayor grado posible de servicio (la menor indisponibilidad posible durante el año).

Se deberá diseñar una red completamente ampliable en el futuro, tanto de forma programada (la inclusión del paseo marítimo y del puerto deportivo) como para abordar el crecimiento poblacional que previsiblemente se producirá en los próximos años. La red debe soportar el crecimiento anual estimado, así como el incremento de población que se produce estacionalmente, siendo el verano la temporada más llamativa.

4. Áreas de cobertura

El municipio será dividido en áreas de cobertura, que darán servicio a cada una de las zonas de interés del mismo. Dichas zonas serán plazas y parques, el paseo marítimo y el puerto deportivo.

Se proveerá acceso a Internet en:

- Plaza del Castillo.
- Parque de la oficina de Turismo, en la calle del Mar.
- Plaza Pablo Picasso, localizada en la calle Carril.
- La avenida Almería con la calle Nueva, a nivel de la estación de autobuses Alsa.
- Parque de la calle Balandro.
- Avenida Garrucha (diversas localizaciones a lo largo de su longitud comercial).
- Longitud completa del paseo marítimo (segunda etapa del proyecto).
- Porción terrestre del puerto deportivo (segunda etapa del proyecto).

Las zonas con baja densidad de usuarios serán:

- Avenida Almería con calle Nueva a la altura de la estación de autobuses.
- El parque de la calle Balandro.
- Los tramos de la avenida Garrucha.

Existirá una zona con media concentración de usuarios: la plaza Pablo Picazo, en la calle Carril.

- Las zonas de altas concentraciones de usuarios serán la plaza de la oficina de Turismo, la plaza del Castillo y el paseo marítimo (éste último en la segunda etapa del proyecto).

5. Usuarios

A pesar de que se podría dimensionar la red para abarcar a todos los usuarios que se estima utilizan un Smartphone de forma regular; es más recomendable dividir al municipio en zonas a las cuales se le prestará el servicio. Aunque siempre existirán períodos ociosos, éstos son menores si se dimensiona el proyecto en pequeñas zonas a si se dimensiona en forma global (abarcando a todos los habitantes que potencialmente utilizarán el sistema).

Lo que se quiere decir con esto es que el sistema será dimensionado según una estimación del número de usuarios que existirá, simultáneamente, en cada una de las áreas establecidas para el mismo. Consultar la sección 4.

Debido a que fue considerada la cobertura individual de plazas, parques naturales, parques infantiles y pequeñas terrazas de bares localizados en diferentes puntos del interior del municipio, se estima que no existirán nunca más de 50 usuarios simultáneamente haciendo uso del sistema en un mismo lugar.

Es mucho más sencillo estimar el uso que se hará de pequeñas parcelas de terreno por parte de quienes en un instante de tiempo se encuentran físicamente en él, que hacerlo del municipio como un todo.

Así mismo, el sistema se dimensiona de forma más ajustada a los requerimientos reales: los usuarios no se distribuirán de forma equitativa entre las distintas partes del municipio, sino que se moverán de una zona a otra y se concentrarán de acuerdo al:

- Tamaño de cada zona.

- Interés público / turístico de cada una de ellas.

Así, serán considerados:

- Un máximo de 20 usuarios simultáneos en el caso de plazas y parques pequeños.
- Un máximo de 50 usuarios simultáneos en el caso de plazas y parques grandes.
- Un máximo de 100 usuarios simultáneos en el caso de los segmentos del paseo marítimo y del puerto

5.1. Velocidades

Los valores que serán presentados en esta sección provienen de la experiencia obtenida a lo largo del tiempo; no se corresponden con estudio teórico alguno realizado por ninguna universidad o empresa.

Estos valores son referenciales y corresponden a un promedio basándose en las características de los equipos que actualmente se encuentran a la venta en el mercado informático y de dispositivos móviles.

Estas velocidades fueron obtenidas:

- Midiendo el rendimiento de la tarjeta de red ordenadores personales, directamente en el Gestor de Rendimiento del sistema operativo.
- Midiendo el rendimiento de la comunicación inalámbrica en dispositivos móviles (smartphones y tablets) mediante el uso de aplicaciones de medición de velocidad de descarga y subida de datos.

5.1.1. Velocidad de acceso a la red

Los usuarios podrán conectarse a Internet utilizando cualquier dispositivo informático: ordenadores portátiles, smartphones y tablets. El sistema deberá por ende entregarle a cada uno la velocidad requerida durante su conexión. La Tabla 5.1 muestra las velocidades que típicamente podrían solicitar los diferentes dispositivos inalámbricos que los usuarios poseerán.

DISPOSITIVO FINAL	VELOCIDAD (Mbps)
Ordenador portátil	4
Smartphone	1
Tablet	2

Tabla 5.1: Velocidades de dispositivos finales

Aunque esos valores son los que los dispositivos mencionados pueden alcanzar en las tareas de comunicaciones (ya que son las capacidades internas de transferencia de datos); realmente sus requerimientos de velocidad son mucho menores, ya que normalmente, la mayor parte del tráfico generado por los usuarios finales es navegación web vía alguna aplicación tal como un explorador o redes sociales. Los valores máximos, mencionados en la Tabla 5.1, sólo se alcanzan cuando el tráfico corresponde a descarga de contenidos (multimedia, archivos o aplicaciones) y a juegos en línea.

Para mantener niveles adecuados de calidad de servicio en la red, será limitada la actividad que los usuarios podrán realizar a través de ellas. No se permitirán las descargas de contenidos multimedia o los juegos en línea. La Tabla 5.2 muestra los requerimientos de velocidad que diversas aplicaciones poseen cuando están instaladas en ordenadores portátiles.

APLICACIÓN	VELOCIDAD (Mbps)
Navegación web	1,5
Llamadas de voz	0,1
Llamadas de voz y vídeo	0,5

Tabla 5.2: Requerimientos de velocidad de aplicaciones en ordenadores.

APLICACIÓN	VELOCIDAD (Mbps)
Navegación web	0,02
Llamadas de voz	0,01
Llamadas de voz y vídeo	0,1
Radio por Internet	0,02
Reproducción de vídeos	0,5

Tabla 5.3: Requerimientos de velocidad de aplicaciones en smartphones y tablets

Como se aprecia en las Tabla 5.2 y Tabla 5.3, las velocidades de acceso requeridas por las diversas aplicaciones varían de acuerdo al tipo de dispositivo que se utilice.

Las aplicaciones instaladas en dispositivos móviles (smartphones y tablets) comprimen la data generada por ellas mismas, mientras que las aplicaciones de escritorio (instaladas en ordenadores portátiles) no lo hacen.

Esto se debe fundamentalmente a que por defecto, un ordenador portátil estará conectado a una red fija con un plan ilimitado de transferencia de datos; mientras que un smartphone o tablet estará conectado a redes móviles

en las cuales se dispone de una capacidad máxima de transferencia de información.

5.1.2. Velocidad de acceso a Internet

Esta sección trata sobre la velocidad que será contratada al operador que el ayuntamiento de Carboneras decida contratar para la implementación de este servicio.

Esta velocidad, a diferencia de la velocidad de acceso mencionada en la sección 5.1.1, debe ser estimada, ya que dependerá exclusivamente del uso que los habitantes y visitantes del municipio hagan del sistema.

Este uso depende de condiciones cambiantes de forma totalmente dinámica, tales como las condiciones climáticas que existan en un instante particular del día, la época del año, la hora del día, el día de la semana, eventos deportivos, eventos socio-culturales programados o no, etc.

Se intuye por tanto que la velocidad que el operador entregará al ayuntamiento para este servicio debe ser estimada mediante algún método. Lo más sencillo es utilizar un aproximado basado en el número de dispositivos de red que serán conectados al sistema. La Tabla 5.4 muestra la velocidad máxima que cada dispositivo es capaz de gestionar.

PUNTOS DE ACCESO	VELOCIDAD MÁXIMA (Mbps)	NÚMERO DE DISPOSITIVOS
Plaza Castillo	1300	1
Parque de la oficina de Turismo		1
Plaza Pablo Picasso		1
Avenida Almería		1
Parque de la calle Balandro		1
Avenida Garrucha		1
Paseo marítimo		12
Puerto deportivo		2

Tabla 5.4: Velocidad por dispositivo de red

Las velocidades reflejadas en la Tabla 5.4 no serán las que se contrate al operador preferido por el ayuntamiento del municipio ya que eso supondría la existencia de costes muy elevados y la ociosidad del sistema durante gran parte del año. En su lugar se debe tener en cuenta el número de usuarios que se estima utilizarán el sistema de forma simultánea. La Tabla 5.5 muestra el número de usuarios que se estima utilizarán cada uno de los radios considerados simultáneamente.

PUNTOS DE ACCESO	NÚMERO DE USUARIOS	VELOCIDAD MÁXIMA (Mbps)
Plaza Castillo	100	400
Parque de la oficina de Turismo	100	400
Plaza Pablo Picazo	50	200
Avenida Almería	20	100
Parque de la calle Balandro	20	100
Avenida Garrucha	20	100
Paseo marítimo	1200	4800
Puerto deportivo	200	800
TOTAL	1710	6900

Tabla 5.5: Número de usuarios por radio

La velocidad total reflejada en la Tabla 5.5 es la máxima velocidad que debería ser contratada si todos los usuarios del sistema utilizaran sus servicios simultáneamente a su máxima capacidad (descarga de archivos mediante el uso de ordenadores portátiles de última generación); lo cual no es lo que sucede en la actualidad en ningún pueblo o ciudad del mundo. Si se contratara la velocidad total mencionada en la tabla, un porcentaje muy elevado de la misma permanecería ocioso una gran parte del tiempo, lo cual supone dinero no utilizado. En su lugar se considerará una situación más realista, presentada en la Tabla 5.6.

DISPOSITIVO	PORCENTAJE (%)	USUARIOS
Ordenador portátil	5	85
Smartphone	85	1454
Tablet	10	171

Tabla 5.6: Ancho de banda a contratar

	APLICACIÓN	PORCENTAJE (%)
Ordenador portátil	Navegación web	85
	Llamadas de voz	5
	Llamadas de voz y vídeo	10

Tabla 5.7: Aplicaciones utilizadas por ordenadores portátiles

	APLICACIÓN	PORCENTAJE (%)
--	------------	----------------

Smartphone	Navegación	80
	Llamadas de voz	5
	Llamadas de voz y vídeo	10
	Radio por Internet	5
	Reproducción de vídeos	0

Tabla 5.8: Aplicaciones utilizadas por smartphones

	APLICACIÓN	PORCENTAJE (%)
Tablet	Navegación	80
	Llamadas de voz	5
	Llamadas de voz y vídeo	10
	Radio por Internet	0
	Reproducción de vídeos	5

Tabla 5.9: Aplicaciones utilizadas por tablets

DISPOSITIVO	VELOCIDAD (Mbps)
Ordenador portátil	113,05
Smartphone	39,4
Tablet	10
TOTAL	170

Tabla 5.10: Consumo total de ancho de banda

Tomando en cuenta que en las temporadas de verano se puede triplicar el número de habitantes de Carboneras debido a la visita turística de personas extranjeras y de otras regiones de España, así como personas nativas del municipio que viven fuera del mismo, es necesario considerar un incremento de la velocidad de acceso. Así, la velocidad a contratar al proveedor de servicios del ayuntamiento es de 510 Mbps.

Obviamente durante gran parte del año existirá una capacidad ociosa que no será utilizada; pero que es necesaria cubrir ya que uno de los objetivos del ayuntamiento es atraer nuevos visitantes.

6. Tecnologías

En el mercado de telecomunicaciones existen múltiples soluciones para cubrir los objetivos del ayuntamiento de Carboneras. Todas son igual de válidas a nivel técnico ya que son capaces de cubrir con creces los requerimientos de velocidad e integración necesarios. Sin embargo, a nivel de requerimientos físicos (infraestructura), no todas dan la talla debido a que una tecnología requiere la realización de una gran cantidad de obras a lo largo de todo el municipio.

6.1. Red cableada

La primera solución tecnológica disponible implica la instalación de switches en la edificación seleccionada por el ayuntamiento, y su interconexión con distintos puntos de acceso (localizados en las zonas a las que se quiere proveer cobertura WiFi) con cables de fibra óptica.

La Ilustración 6.1 muestra la topología que debería ser instalada en caso de utilizar una red con cables de fibra óptica.

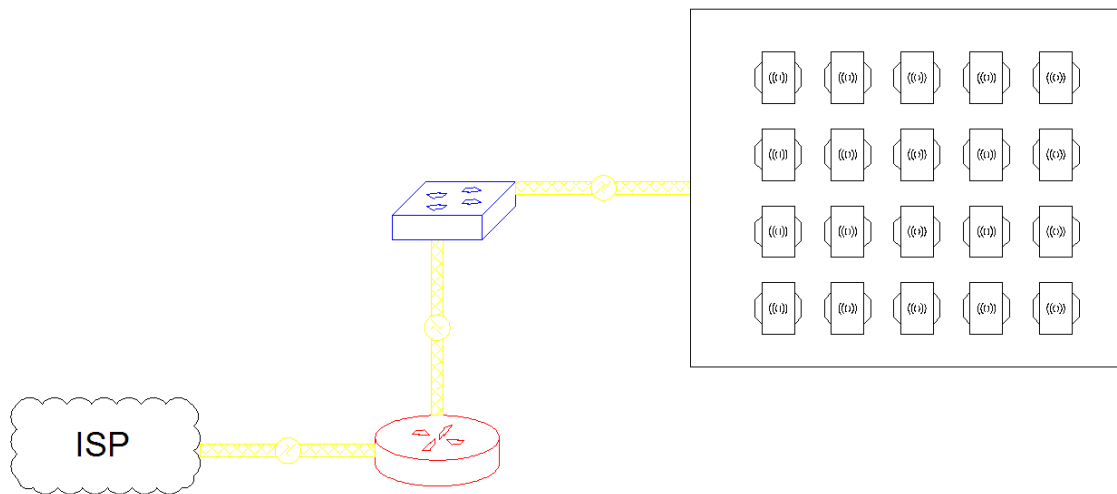


Ilustración 6.1: Topología de una red cableada

La ventaja de utilizar esta tecnología es que se elimina el problema de la velocidad disponible a de acceso a la red, lo cual permite dimensionar, además del servicio de acceso a Internet, otros sistemas propios del ayuntamiento, tales como vigilancia electrónica (cámaras de seguridad) de las zonas donde se prestará el servicio

La ventaja de utilizar tecnología de fibra óptica para la interconexión del switch principal con cada uno de los sitios a los que se dará cobertura inalámbrica es que se debe construir una infraestructura asociada al sistema a lo largo de todo el municipio.

Deberán ser construidas canalizaciones subterráneas de acuerdo a las normas de telecomunicaciones y a las normas de canalizaciones exteriores. Así mismo, en cada uno de los sitios remotos deberá ser construida e instalada una infraestructura básica diseñada para la organización y gestión de los cables de fibra óptica, tales como paneles de conexión exteriores y cajas metálicas con protección climática. Adicionalmente, el cable a utilizar debe tener, en todos los casos, una protección externa contra los elementos y contra los roedores, así como estar aislado de posibles interferencias electromagnéticas. Adicionalmente, se deberá crear infraestructura de telecomunicaciones para convertir las señales ópticas (que viajarán por el interior del cable de F.O.) en señales eléctricas que puedan ser utilizadas por los dispositivos a instalar.

6.2. Red inalámbrica

La segunda solución tecnológica disponible consiste en instalar switches en la edificación seleccionada por el ayuntamiento, y su interconexión con los puntos de acceso distribuidos por el municipio utilizando sistemas de comunicaciones inalámbricas punto a punto.

La Ilustración 6.2 muestra la topología que debería ser instalada en caso de utilizar una red inalámbrica.

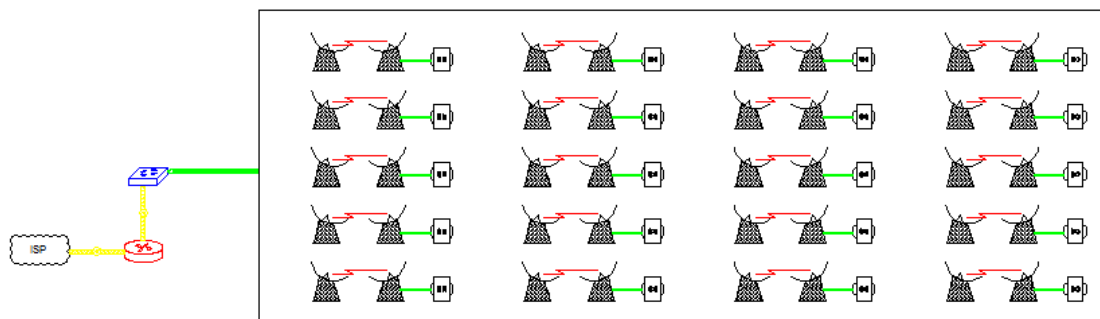


Ilustración 6.2: Topología de una red inalámbrica

La ventaja de utilizar tecnología inalámbrica para interconectar el centro de informática y redes del ayuntamiento con los sitios donde existirá acceso público a Internet es que no se debe construir una gran infraestructura de telecomunicaciones ya que sólo se requieren elementos sencillos de canalización para la conexión entre las antenas punto a punto y los puntos de acceso a utilizar, así como para alimentar a ambos con energía eléctrica. Al igual que en el caso de la sección 6.1, se pueden integrar elementos adicionales del ayuntamiento con esta tecnología.

La desventaja de utilizar transmisiones inalámbricas es que el ayuntamiento debe otorgar licencias para la instalación de las antenas y puntos de acceso en postes de luz o en paredes de edificios; así como solicitar las licencias necesarias para la transmisión de señales en bandas de frecuencias no libres (los enlaces punto a punto se realizarán en bandas de frecuencias asignadas al sistema de microondas, cuya utilización debe ser autorizado por el ente competente en España).

La segunda desventaja de la transmisión inalámbrica es que se debe ajustar la velocidad de acceso lo más posible, ya que los equipos inalámbricos proveen velocidades menores que los equipos cableados. Se debe estudiar cuidadosamente los dispositivos que serán conectados al sistema. Es decir, se debe estudiar la factibilidad técnica de incluir en el sistema a diseñar elementos de otros servicios tales como la vigilancia electrónica y la interconexión semáforos y otros sistemas propios del ayuntamiento.

6.3. Sistema elegido

Se diseñará e implementará el sistema de transmisión inalámbrica debido fundamentalmente a que el sistema cableado es inviable en Carboneras por las siguientes razones:

- Carboneras es un municipio cuya zona urbana y turística está construida en prácticamente su totalidad (por lo menos con vías públicas y aceras).
 - ✓ La instalación del sistema cableado implicará que se deberá fraccionar el proyecto en varias etapas iniciales para asegurar la construcción de las canalizaciones externas necesarias para el tendido de los cables de fibra óptica.
 - ✓ Se deberá romper gran parte de las calles y aceras para la construcción de las canalizaciones asociadas, así como los elementos que las forman, involucrando un alto costo monetario para el municipio.
 - ✓ El proyecto tendrá una duración excesiva debido a que la construcción de zanjas y arquetas en zonas previamente urbanizadas implica la inversión de un gran período de tiempo.
 - ✓ Toda la infraestructura necesaria sólo podrá ser utilizada para prestar servicios a este sistema. Las buenas prácticas en telecomunicaciones sugieren que las canalizaciones externas deben ser rellenadas con los cables que se vayan a utilizar desde el principio de los proyectos. No es recomendable tender en el futuro nuevos cables a través de las canalizaciones ya construidas debido a posibles errores que podrían afectar el servicio original.

- El cable de fibra óptica deberá contener al menos doce hilos internos ya que éste es el tamaño mínimo que los fabricantes de cables de este tipo venden; lo cual implica que se estará infrautilizando un recursos ya que en el futuro no se llegará a utilizar todos los hilos disponibles en ambos extremos del propio cable.
- Se estará utilizando, valga la siguiente analogía inventada, una autopista rápida de diez carriles, para dar servicio a un pueblo de mil habitantes; lo cual significa que se estará utilizando un recurso que tiene una capacidad muy elevada para la prestación de un servicio que exige una parte muy pequeña de dicha capacidad.

Por el contrario, se elige el sistema inalámbrico por las siguientes razones:

- Los equipos necesarios para implementar esta tecnología incluyen internamente la codificación necesaria para realizar el cambio de tecnología. Es decir, no son necesarios equipos extra para realizar una transmisión desde un dispositivo final hasta la edificación central del ayuntamiento.
- Todos los equipos a utilizar transmiten señales digitales.
- Todos los equipos a utilizar poseen la tecnología IP integrada en su circuitería y software.
- Todos los equipos a utilizar poseen interfaces gráficas accesibles vía web, de fácil acceso, configuración y gestión.
- Se pueden aplicar políticas de seguridad desde los propios puntos de acceso inalámbricos.
- Poseen todo el hardware necesario para su instalación sencilla y rápida en cualquier superficie exterior (paredes o postes).
- Su instalación no requiere el uso de personal especializado en alturas (aunque se instalarán a cierta elevación del nivel del suelo).
- Los puntos de acceso son compatibles con todos los fabricantes de dispositivos finales (consecuencia del uso de la tecnología IP).
- La asignación de velocidades a los usuarios finales se realiza de forma dinámica, local y en tiempo real, según éstos vayan solicitando los recursos de la red. Así mismo, los permisos de acceso a la red se realiza también de forma local tomando en cuenta aspectos como las aplicaciones o el contenido al que se intenta dotar de recursos.

De esta forma, serán utilizados los siguientes elementos de comunicaciones:

- Un switch con 24 puertos de capacidad 1 Gbps para la interconexión de los 20 radios necesarios, a ser instalado en el centro seleccionado por el ayuntamiento.
- Veinte pares de antenas punto a punto para conectar la edificación de informática y telecomunicaciones del ayuntamiento con los puntos en los cuales existirá acceso gratuito a Internet.

- Veinte puntos de acceso inalámbricos a instalar en los sitios donde será provisto el acceso a Internet.

Adicionalmente, en cada sitio donde se instale una antena y un punto de acceso, será necesaria la provisión de energía eléctrica para alimentar estos dispositivos. Normalmente se alimentan con 48 VDC, aunque también incluyen la posibilidad de una alimentación corriente de 220 VAC.

7. Servicios

El objetivo del ayuntamiento de Carboneras es proveer acceso a Internet, de forma gratuita, a los vecinos y visitantes que se encuentre en diversas zonas del municipio. Éste es el objetivo fundamental a cubrir con la tecnología que se propone en este TFC.

Existe además la posibilidad de integrar otros servicios informáticos del ayuntamiento bajo esta tecnología. Entre ellos se puede mencionar la instalación de cámaras de seguridad en las zonas de cobertura del servicio y el acceso a servidores del ayuntamiento por parte de personal especializado.

Para realizar esta integración (sobre todo la transmisión de las imágenes capturadas por las posibles cámaras de seguridad) es necesario realizar dos acciones adicionales:

- Realizar un estudio de las velocidades de acceso disponibles en un día corriente y en un día de utilización pico del sistema para determinar los requerimientos que el sistema extra tendrá; es decir, para determinar la calidad con la que se podrá dimensionar el sistema extra instalado.
- Instalar un router o switch capa 3 en el centro de telecomunicaciones del ayuntamiento para configurar políticas de acceso que permitan estas conexiones sólo a aquellas personas y dispositivos finales autorizados. Normalmente esta separación se realiza mediante la creación de redes virtuales y de listas de acceso basadas en protocolos.
- Conectar los servidores del ayuntamiento a la red de datos diseñada en este TFC.
- Configurar en los dispositivos de red mencionados en el párrafo anterior distintas políticas y acciones que garanticen el acceso adecuado a los recursos y sistemas del ayuntamiento.
- Configurar una política de seguridad que garantice que el tráfico cursado por los dispositivos finales de los usuarios (que puede contener virus, troyanos, y cualquier otra amenaza) no afectará al equipamiento informático y de redes del ayuntamiento. Esta configuración se puede realizar mediante la instalación de un cortafuego en la red, y mediante el aislamiento que fue mencionado previamente entre los sistemas de acceso a Internet y los servidores de cada dependencia del ayuntamiento.

8. Arquitectura

8.1. Topología

El proyecto utilizará equipos que ejecutan la pila de protocolos TCP/IP como fundamental de funcionamiento debido a que no será necesaria de esta forma la conversión de protocolos y formatos entre cambios de tecnología, lo cual ahorra, en primer lugar dinero y, en segundo lugar, tiempo de procesamiento en cada una de las conexiones que sean llevadas a cabo por los usuarios.

Se implementará una topología en estrella, en la cual cada uno de los puntos de acceso inalámbricos, distribuidos a lo largo de la geografía del municipio, estará directamente conectados a un punto de conexión central.

Como se justificó en la sección 6.3, se utilizará un esquema de transmisiones inalámbricas, sin la utilización de conexiones físicas entre los distintos dispositivos.

La conexión entre el centro de la red y cada uno de los puntos de acceso será realizada a través de enlaces inalámbricos punto a punto, en los cuales tanto el ancho de banda físico como la velocidad disponible estará dedicada a un solo radio.

La utilización de un switch como punto central de interconexión permite asignar toda la capacidad de procesamiento y de networking a cada uno de los dispositivos conectados físicamente a sus puertos cuando éstos lo requieren.

Así, el switch destinará durante un instante particular de tiempo toda su capacidad de networking a cada uno de los dispositivos inalámbricos conectados físicamente a sus puertos. Consultar la Ilustración 8.1

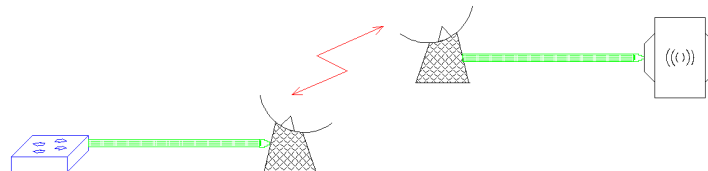


Ilustración 8.1: Conexión extremo a extremo

El switch a utilizar deberá tener veinticuatro puertos Gigabit Ethernet ya que se requiere la instalación de veinte puntos de acceso y, por tanto se requiere la conexión directa de veinte antenas de transmisión.

Se incluirá una topología de respaldo en la arquitectura descrita. Las antenas utilizadas para la distribución de las señales desde el centro de redes del ayuntamiento hasta cada uno de los sitios donde se proveerá acceso a Internet poseen dos antenas debido a que tienen la capacidad de transmitir data en dos modos de operación:

- Half-dúplex: en el cual se utiliza la misma frecuencia para transmitir y para recibir información ya que se utiliza un instante de tiempo para cada actividad. No existe transmisión y recepción simultánea.
- Full-dúplex: en la cual se utilizan dos frecuencias para la transmisión y para la recepción de información ya que las dos actividades se realizan de forma simultánea. En este caso se utilizan las dos antenas disponibles en el equipo a utilizar y, por ende, no se permite la redundancia de radio.

Desde un punto de vista lógico, el sistema será diseñado con una arquitectura que posee tres capas:

- Capa de acceso: formada por los puntos de acceso distribuidos por la geografía del municipio. Es la capa que conectará directamente a los dispositivos finales de los usuarios, así como aquellos dispositivos extra que el ayuntamiento desee interconectar con sus sistemas informáticos.
- Capa de distribución: formada por los equipos que interconectan los puntos de acceso inalámbricos con el centro de redes del ayuntamiento. Esta capa permite la distribución de las señales originadas en puntos extremos hacia su destino final. Ejemplo: señales originadas en los dispositivos finales son llevadas hacia el centro de redes; y señales originadas en redes externas son llevadas hacia la zona geográfica del municipio.
- Capa de backbone: formada por un router que permitirá la conexión de los dispositivos finales de los usuarios con redes propias del ayuntamiento (para el acceso a servicios informáticos provistos por éste) y a redes externas (tales como Internet). Consultar la Ilustración 8.2

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
 Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática

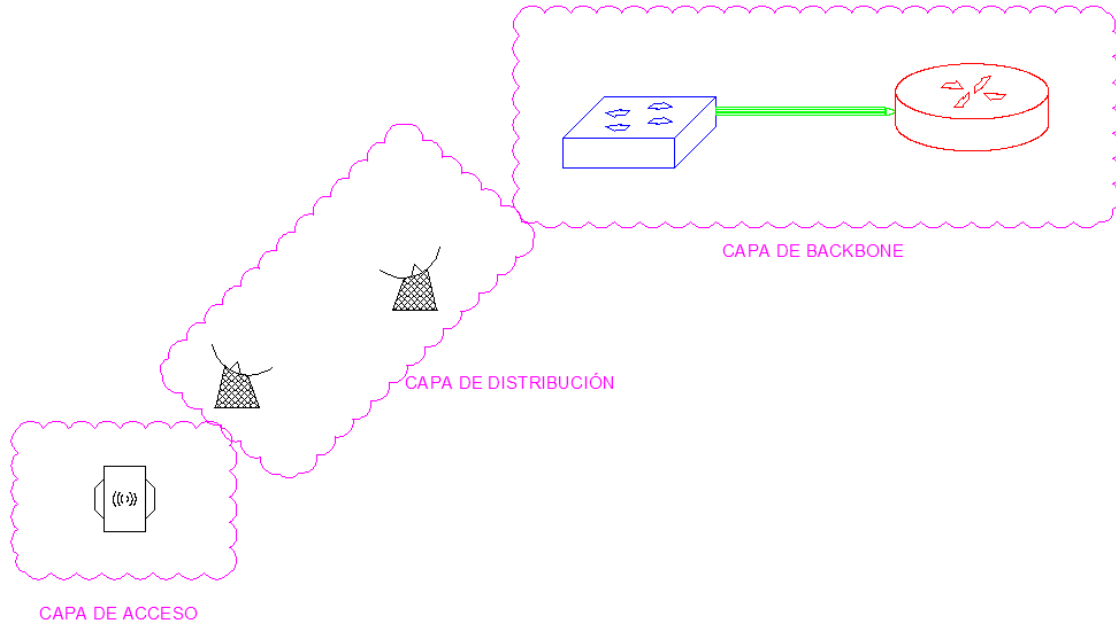


Ilustración 8.2: Arquitectura de la red inalámbrica

La arquitectura mostrada en la Ilustración 8.2 tiene las siguientes características:

- Modular: permite la agregación de nuevos dispositivos a la red cuando sean necesarios.
- Escalable: permite agregar nuevos servicios a la red, así como su interconexión con otros previamente existentes.
- Redundante: existirá tolerancia a fallos tanto en los enlaces inalámbricos como en el acceso a Internet; es decir, las capas de distribución y de backbone permiten la redundancia de rutas.

8.2. Redundancia

La red a diseñar incluirá redundancia en dos capas lógicas: la capa de distribución y la capa de backbone.

- Capa de distribución: la redundancia se verá en la duplicación del número de enlaces inalámbricos disponibles.

Se instalarán dos equipos radiantes punto a punto para cada enlace. Uno de los enlaces (dos equipos de transmisión punto a punto) permanecerá activo en todo momento, mientras el segundo permanece en reserva en caso de que se produzca un fallo en el principal.

Los fallos en los equipos principales serán detectados automáticamente por el switch de datos a instalar en el Centro de Informática y Telecomunicaciones del ayuntamiento de Carboneras gracias a la utilización del protocolo Spanning Tree Protocol o cualquiera de sus variedades. Dicho protocolo detecta fallos en los enlaces de comunicaciones gracias a la transmisión o no de mensajes de actualización de estado. Mediante este protocolo se administra la redundancia en redes de datos y se gestiona simultáneamente problemas tales como la generación de bucles (que pueden producir fenómenos como las tormentas de broadcast, transmisiones que circulan infinitamente por una red de datos sin encontrar nunca su destino).

La Ilustración 8.3 muestra gráficamente el concepto de redundancia que será aplicado para la transmisión inalámbrica a implementar entre el centro de redes del ayuntamiento y los sitios donde existirá acceso a Internet.

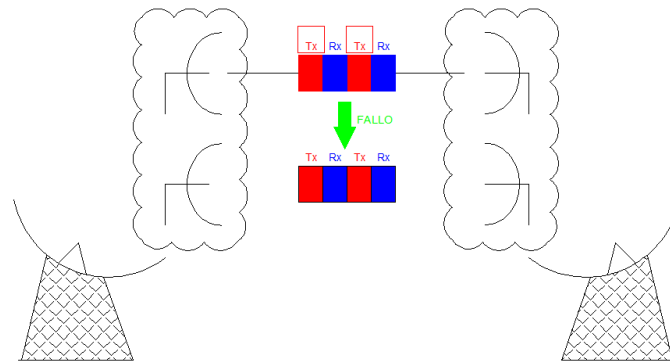


Ilustración 8.3: Redundancia en la capa de Distribución

Se debe garantizar la disponibilidad de energía eléctrica en todo momento en los sitios donde se instalen dichas antenas; ya que, en caso de fallar dicho suministro, la redundancia que a la que se hace referencia deja de ser útil.

Se creará redundancia también en el acceso a Internet mediante la instalación de dos enlaces, preferiblemente a dos proveedores (operadores) diferentes. Es decir, se deberán reservar dos puertos del switch en la capa de Backbone para su conexión el / los router (s) de acceso a Internet.

Será responsabilidad de la división de redes e informática del ayuntamiento de Carboneras decidir si se contratan los servicios de dos proveedores de servicio. Sin embargo, la recomendación es hacerlo así debido a que así se reduce notablemente la probabilidad de pérdida de servicio (acceso a Internet).

Si se elige esta opción de redundancia (contratación de dos proveedores de servicio) se debería configurar el balanceo de carga en el switch de la capa de Backbone, de forma que parte de la data transmitida salga por un enlace y parte de la data se transmita por el otro enlace disponible.

Otra opción consiste en la instalación de los dos enlaces mencionados, pero la utilización regular de sólo uno. Esta opción, aunque garantiza la redundancia debido a que provee un segundo camino de salida en caso de pérdida de servicio a través de un enlace, no es recomendable ya que supone la contratación de un servicio que no será utilizado a no ser que exista un fallo en el enlace principal.

Adicionalmente, es recomendable la configuración del protocolo STP en los switches a ser instalados como parte de la red. Este protocolo permite el establecimiento de enlaces redundantes sin que se produzcan problemas de redes tales como bucles o lo que se conoce como tormentas de broadcast.

Si el ayuntamiento decide implementar la integración de la red con otros sistemas de su propiedad, sería muy recomendable la configuración de VLAN's para la separación del tráfico proveniente de los usuarios generales de aquél originado en dispositivos finales del ayuntamiento. Si se selecciona esta opción se deberá configurar el protocolo PVSTP, el cual permite la misma acción que STP, pero con tráfico separado en VLAN's.

8.3. Topología completa

La conexión mostrada en la Ilustración 8.1 será realizada para cada uno de los enlaces a ser instalado. Se requerirá la instalación de veinte enlaces inalámbricos, razón por la cual se utilizarán veinte puertos en el switch. Consultar la Ilustración 8.4

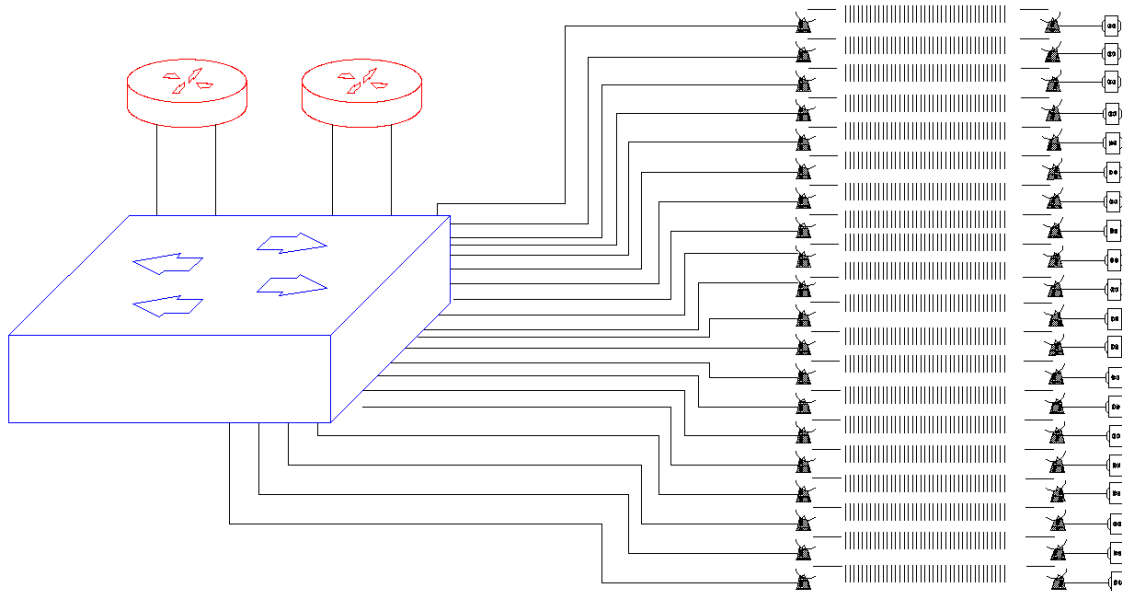


Ilustración 8.4: Instalación de enlaces inalámbricos

La topología mostrada en la Ilustración 8.4 considera el escenario en el cual existirán dos proveedores de servicios. Ésta, aunque es la opción recomendada, será decisión del ayuntamiento de Carboneras. Cualquiera que sea el caso (selección de uno o dos proveedores de servicios), se instalarán dos enlaces hacia cada uno de ellos, con dos objetivos:

- Crear un esquema de redundancia en el cual se cubran posibles pérdidas de conexión con el operador.
- Balancear la carga de acceso a Internet, con el fin de distribuir la utilización de los enlaces disponibles y, por ende, administrar la disponibilidad de ancho de banda (velocidad) de cada proveedor de servicios.

Los puertos de conexión entre el switch de Backbone (que funcionará simultáneamente como switch de Distribución y de Backbone) y los

proveedores de servicios serán puertos “uplink”, configurados como puertos SFP.

Un puerto SFP es aquél cuyos recursos (procesamiento, ancho de banda, velocidad, etc.) son optimizados para la transmisión de datos hacia un dispositivo que funcione en una capa superior del Modelo OSI (un switch o un router). Estos puertos pueden ser conectados con el proveedor de servicios mediante un cable de fibra óptica (utilizando módulos SFP de conversión eléctrico / óptico) o mediante cables con conectores eléctricos.

Si el ayuntamiento de Carboneras decide integrar otros sistemas con la red propuesta y diseñada en este T.F.C., será necesario el envío de las tramas provenientes de esos sistemas hacia los destinos adecuados.

Se recomienda, en este caso, la instalación de un router adicional que se encuentre conectado a la red implementada por el ayuntamiento; así como la configuración de la permisosología de acceso adecuada basada en dirección IP, dirección MAC y tipo de servicio generado en el dispositivo origen de la conexión. Es decir, se recomienda la clasificación y división del tráfico para su envío al destino adecuado (switches del ayuntamiento o salida a Internet).

En cualquier caso será necesaria la configuración, en el switch, de:

- Protocolos de gestión de redundancia, tales como STP, PVSTP, PVSTP+, etc. Se recomienda el uso de PVSTP o PVSTP+ ya que con ellos se permite el balanceo de la carga entre dos puertos uplink diferentes. El protocolo STP sólo permite la utilización de un puerto uplink activo y otro de respaldo que permanecerá en estado de reposo mientras el puerto principal permanezca en estado normal (será presentado en la sección de anexos un resumen del funcionamiento de los protocolos que han sido mencionados hasta el momento).
- Perfiles de seguridad y de control de acceso basados en el tipo de dispositivo.
- Servicio de operación en capa 3 para la activación del sistema de enrutamiento (en el caso de que el ayuntamiento decida integrar otros sistemas con esta red de datos).

9. Lista de equipos

El sistema de acceso público a Internet requiere la instalación de los siguientes elementos de red:

- Switch de comunicaciones.
- Antenas de transmisiones punto a punto.
- Puntos de acceso inalámbricos.

- Armario de comunicaciones (opcional, de acuerdo a la disponibilidad de espacio en las instalaciones del ayuntamiento de Carboneras).
- Cables UTP

Algunos de los elementos requeridos (cables UTP) están incluidos como parte del paquete de elementos tales como los puntos de acceso inalámbricos.

No serán incluidos en esta sección los armarios de equipos debido a que su uso en este proyecto es opcional y dependerá exclusivamente de los intereses del ayuntamiento de Carboneras y de la disponibilidad de espacio dentro de los armarios existentes en las instalaciones del centro de redes e informática. Tampoco se mencionarán los cables UTP o de fibra óptica ya que éstos son provistos, bien por el proveedor de servicios (si se decide contratar un acceso por fibra óptica, o bien por los equipos de red que serán mencionados en este capítulo).

En el caso de que el ayuntamiento de Carboneras decida contratar un acceso por fibra óptica a Internet, será necesaria la compra e instalación de módulos SFP en los puertos “uplink” de los switches. Para ello se deberá buscar la matriz de compatibilidad de dichos dispositivos en la página web del fabricante. No serán incluidos en este proyecto debido a que su uso está limitado al tipo de tecnología que el municipio contrate. En caso de ser necesarios, se debe tener especial cuidado en utilizar modelos compatibles con los switches a ser instalados; así como de que las velocidades soportadas por esos módulos sean las velocidades soportadas por los puertos uplink de los conmutadores. Consultar la sección 9.1.

9.1. Switch

Será utilizado un switch serie 3750, del fabricante Cisco. Los modelos disponibles en esta serie ofrecen densidades de 24 o 48 puertos con velocidades de datos de hasta 1 Gbps.

Una de las principales características de los switches pertenecientes a esta serie es su capacidad de “stacking”; lo cual significa que mediante el uso de un solo cable se puede extender el número de conmutadores a medida que se vayan necesitando, con la particularidad de que a nivel lógico (de red), todos ellos se comportarán como un solo switch (aunque físicamente son varios).

La ventaja de realizar esto es que sólo se tendrá una instancia de cualquiera de los protocolos de administración de la redundancia que fueron mencionados anteriormente, con lo cual se reduce el tiempo de procesamiento y convergencia de la red; así como también se reducirá el tráfico de red debido a mensajes de actualización e informes de incidencias.

Al mismo tiempo, cuando se utiliza la opción del apilamiento de red, esta serie incluye también el apilamiento de energía, lo cual implica que se alimentará con energía eléctrica sólo uno de los switches de la configuración (desde la fuente de energía eléctrica del centro de redes del ayuntamiento); y será éste el que propague la energía necesaria para que los demás miembros del arreglo puedan funcionar mediante el uso de un cable de conexión en cascada. La Ilustración 9.1 muestra las conexiones que deben ser realizadas para realizar el apilamiento de energía en switches de esta serie.



Ilustración 9.1: Apilamiento de energía

Todos los modelos de la serie incluyen la capacidad de operar en las capas 2 y 3 del Modelo OSI, lo cual implica que tienen, adicionalmente a su capacidad de conmutación y ejecución de protocolos propios de su área natural de trabajo, la habilidad de ejecutar actividades de direccionamiento y enrutamiento. Esto será útil si el ayuntamiento de Carboneras desea la integración de este sistema con otros sistemas de su propiedad, tal como ha sido mencionado en varias ocasiones.

Si a través de este sistema se quiere además proveer acceso inalámbrico a recursos propios del ayuntamiento en las instalaciones del centro de redes e informática, se puede activar y configurar el “Wireless LAN Controller” (en adelante WLC) integrado en el sistema operativo de los switches de esta serie.

Un WLC es un dispositivo (en este caso software) que se encarga de administrar y gestionar:

- La configuración de los puntos de acceso inalámbricos de una red de datos IP; con la condición de que sean del mismo fabricante (en este caso Cisco). No podrá ser usado en los puntos de acceso parte de este sistema.
- Gestionar los perfiles de permisos y acceso a la red por parte de dispositivos finales basándose en aspectos tales como el tipo de dispositivo, el usuario, y la hora y lugar de la conexión.

Los switches de la serie 3750 tienen la capacidad de implementar diversas medidas de seguridad tales como:

- Seguridad de puertos: para garantizar que sólo los dispositivos autorizados será conectados directamente a sus puertos (los sistemas de radio punto a punto), basándose para ello en diversos aspectos, tales como la dirección MAC de la tarjeta de comunicaciones IP.
- Creación de listas de acceso, mediante las cuales (especialmente si se desea integrar la red con otros sistemas) se puede crear diferentes perfiles para permitir o denegar el acceso a diversos recursos basándose en aspectos tales como el origen de las conexiones, la hora, el método de conexión, la autenticación o no de la misma, los protocolos de la conexión, etc.

De serie, están dotados con el direccionamiento IPv6, que es útil tanto si el sistema se integra con otros sistemas del ayuntamiento, como si se utiliza sólo para el acceso a Internet desde zonas públicas.

La serie cuenta con la capacidad de incluir tarjetas de “uplink” con velocidades de 1/10 Gbps, según se requiera, las cuales pueden ser actualizadas a medida que sea necesario hacerlo.

Finalmente, los switches de esta serie, al igual que todos los modelos que ejecutan un sistema operativo con versión superior a la 12.2, tienen la capacidad de ejecutar el software de monitorización Netflow, muy útil para el conocimiento real de ancho de banda y optimización de tráfico basado en los protocolos que realmente se transmiten sobre la red, así como para la detección de errores, conexiones no autorizadas y mantenimiento de algunos aspectos de seguridad.

9.2. Antenas punto a punto

Las conexiones entre el centro de redes del ayuntamiento de Carboneras y las zonas que contarán con acceso a Internet serán realizadas con antenas de microondas mediante el establecimiento de enlaces punto a punto entre ambos sitios. Serán utilizadas antenas de la serie Airfiber Radio, del fabricante Ubiquiti Networks.

Los equipos de la serie Airfiber son capaces de transmitir información a una velocidad máxima de 1,5 Gbps en ambientes de poco ruido RF. Esta velocidad disminuirá a medida que se incremente la distancia (la longitud del enlace). Están formados por el sistema radiante (antena) que radía la energía electromagnética al espacio libre. Posee dos antenas: una para la transmisión y otra para la recepción información.

Estos equipos son capaces de alcanzar grandes velocidades de transmisión debido a que todo el procesamiento digital de señales (codificación, modulación y agregación de métodos de detección y corrección de errores) es realizado en bloque de hardware (en lugar de software).

Mediante la utilización de la modulación OFDM se realiza una multiplexación espacial que incrementa la eficiencia en la ocupación del ancho de banda con información útil a ser transmitida (se “rellena” todo el ancho de banda disponible sin perder “partes” del mismo). Así mismo, se permite la utilización de la tecnología MIMO, en un arreglo de 2x2; con lo cual se pueden poseer dos antenas de transmisión y dos antenas de recepción. Con la utilización de MIMO se permite mantener enlaces de buena calidad en ambientes con altos niveles de ruido electromagnético.

Los equipos de la serie Airfiber asignan automáticamente los recursos (ancho de banda, velocidad, modulación y esquemas de detección y corrección de errores) dependiendo de las condiciones del enlace establecido. Esta asignación se realiza debido fundamentalmente a que los sistemas asociados a la antena mantienen una monitorización dinámica de diversos parámetros de calidad de enlaces (quality, strength, relación señal / ruido etc.) para determinar básicamente la calidad con la que se está recibiendo la información en todo momento.

Se podrán obtener las velocidades de transmisión mencionadas en la sección 5.1.1 debido a que no utiliza métodos tradicionales (TDD, FDD o CDM), sino una técnica compuesta denominada Hybrid Division Multiplexing (HDD) para sincronizar el momento en el cual cada uno de los radios puede transmitir o recibir data.

Se pueden realizar transmisiones en dos modos de operación:

- Half-duplex: las transmisiones no se realizan simultáneamente con las recepciones; por lo cual se puede utilizar una frecuencia distinta para cada uno de los casos.
- Full-duplex; la transmisión se realiza simultáneamente con la recepción; con lo cual se fuerza a que cada una tenga una frecuencia diferente. Será muy importante realizar una planificación adecuada de frecuencias.

Los equipos se alimentan con energía eléctrica mediante el uso de inyectores Power over Ethernet. Tanto el inyector como el cable de alimentación son provistos por el fabricante en el paquete de venta. Aunque no es un requisito que impida el funcionamiento del sistema, es importante el uso de cualquier protector de fuente. Un protector de fuente tiene como objetivo aislar electromagnéticamente a cualquier dispositivo electrónico instalado en exteriores de los rayos que pudieran impactar sobre ellos durante una tormenta eléctrica. Estos dispositivos se encargan de drenar la energía proveniente de las descargas atmosféricas hacia la tierra. Debido a esto, es importante que tanto la antena como el poste en el cual se instalen, se encuentren adecuadamente conectados a tierra, según las especificaciones mencionadas en la norma ANSI – J-STD 607-B.

9.3. Puntos de acceso inalámbricos

Para proveer acceso a Internet en las diferentes zonas del municipio, serán instalados puntos de acceso inalámbrico en cada una de ellas. Al igual que en el caso de las antenas de conexión punto a punto, los puntos de acceso inalámbricos serán del fabricante Ubiquiti Networks; equipos de la serie UniFi.

Serán instalados ejemplares “outdoor” de la serie, los cuales están diseñados para su uso a la intemperie, en ambientes exteriores; lo cual implica que su carcasa está fabricada con materiales certificados para operar en ambientes exteriores en los cuales existe agua y polvo. Toda la electrónica está protegida en el interior de la carcasa y aislada completamente del exterior.

Si así se desea, se pueden añadir a cada punto de acceso dos antenas externas omni-direccionales con las cuales se logra incrementar la cobertura del dispositivo. Una antena omni-direccional es aquella que propaga energía electromagnética en todas las direcciones, es decir, su cobertura es de 360°.

Los puntos de acceso de la serie UniFi poseen un software controlador, denominado “UnFi Controller”, diseñado para configurar y monitorizar diversos aspectos de la red de puntos de acceso instalada. Este software, accesible vía web en cualquier estación de trabajo, debe ser instalado en cualquier PC o servidor que ejecute un sistema operativo Windows, Mac o cualquier variedad Linux. Mediante este software es posible la detección automática de puntos de acceso, estatus en tiempo real de los mismos, creación de mapas de topologías, establecimiento de políticas y medidas de seguridad, etc.

Todos los modelos de la serie incluyen el hardware necesario para el establecimiento de coberturas de aproximadamente 150 metros de radio. Los puntos de acceso de la serie utilizan la modulación MIMO utilizando el estándar 802.11ac; y distribuyen las señales en las bandas de frecuencias libres de 2,4 GHz y 5 GHz.

A lo largo del Paseo Marítimo y del puerto deportivo del municipio los usuarios podrán disfrutar del servicio “handoff”, el cual es establecido automáticamente por los puntos de acceso, y definen la posibilidad de que el usuario del sistema pueda moverse libremente a lo largo de la zona de cobertura general, sin experimentar la pérdida de servicio. Es decir, define la capacidad de obtener la conexión a Internet desde distintos puntos de acceso sin perder cobertura en ningún momento. Esta funcionalidad no podrá ser aprovechada en el resto de locaciones del municipio ya que sólo en las dos zonas mencionadas existirá cobertura para toda la zona. El resto de puntos de acceso darán servicio a zonas aisladas del municipio.

Los puntos de acceso de la serie mencionada detectan los canales en los cuales se está transmitiendo datos para de esta forma separar el tráfico real

de las interferencias y ruidos. Es decir, los puntos de acceso eliminan los canales adyacentes a aquellos en los cuales se está transmitiendo tráfico de datos, con lo cual se elimina gran parte de la interferencia de los ambientes externos.

Finalmente, los puntos de acceso de la serie mencionada tienen la capacidad de administrar aspectos de calidad de servicio, mediante la asignación dinámica de velocidades basada en los usuarios que utilicen el servicio. Puede limitarse la velocidad de acceso de acuerdo al tipo de dispositivo utilizado por los usuarios. Consultar la Tabla 5.1.

9.4. Lista de modelos

Se presenta en esta sección la Tabla 9.1, en la cual se detallan los dispositivos, modelos y cantidades a instalar para cumplir con los objetivos de este proyecto.

DISPOSITIVO	MODELO
Access Point	Ubiquiti - UniFi UAP AC Outdoor
Antena de microondas	Ubiquiti – AirFiber AF5U
Switch de datps	Cisco – Catalyst WS-C3750- 24WS-S25

Tabla 9.1: Lista de modelos a instalar

10. Instrucciones de instalación

Se presentan en este capítulo las instrucciones que deben ser seguidas para instalar los equipos mencionados en la sección 9.4. Todos pueden ser instalados sin la necesidad de utilizar herramientas específicas o procedimientos específicos. A pesar de que parte del equipamiento (las antenas de transmisión punto a punto y los puntos de acceso inalámbricos) serán instalados a cierta altura sobre el nivel del suelo, no es necesario disponer de personal especializado en el trabajo en altura ya que en todos los casos se trata de actividades sencillas a ser realizadas a bajar altura, sobre postes de luz públicos pre-existentes, o sobre las fachadas de aquellas edificaciones construidas en los sitios de instalación. En este capítulo será asumido que los requisitos previos, a mencionar en el capítulo 11, están ya instalados.

10.1. Instalación de antena punto a punto

Antes de realizar la instalación física de los radios en su sitio de operación, éstos deben ser configurados, de forma que una vez instalados en su sitio final no exista la necesidad de trabajar en alturas para reconfigurarlos o resolver problemas.

Se requieren los siguientes elementos:

- Llave de 17 mm.
- Llave de tubo de 13 mm.
- Cable de tierra de calibre 8 AWG.
- Cable exterior UTP categoría 5e, armado.

Para instalar el hardware en un poste se deben realizar las siguientes actividades:

- Insertar los cuatro tornillos M10x150 en el soporte para postes.

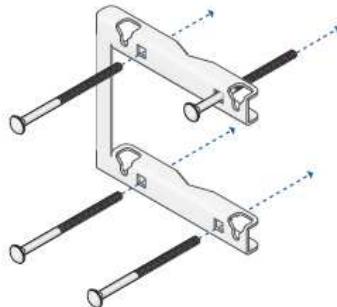


Ilustración 10.1: Preparación de las arandelas

- Colocar el kit de montaje de poste aproximadamente 1 metro por debajo del tope de un poste con diámetro 2" a 4" .

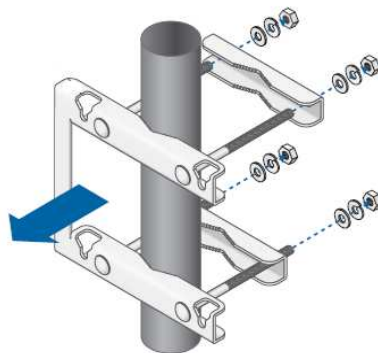


Ilustración 10.2: Instalación del kit de montaje en poste

- Introducir los tornillos de anclaje M10x150 a través de las arandelas.
- Asegurar los pernos por la parte trasera de la estructura utilizando arandelas de bloqueo de división y tuercas hexagonales.
- Aflojar, pero no soltar los ocho tornillos localizados en la guía de alineación. Consultar la Ilustración 10.3.
- Asegurarse de que existe una separación de 6 mm entre la cabeza de cada tornillo dentado M 8x14y la guía de alineación.
- Desplazar la unidad de la antena y alinear los cuatro tornillos M8x14 con los huecos en el kit de montaje en poste. Apretar los cuatro tornillos hasta que no se puedan seguir moviendo. Consultar la Ilustración 10.4

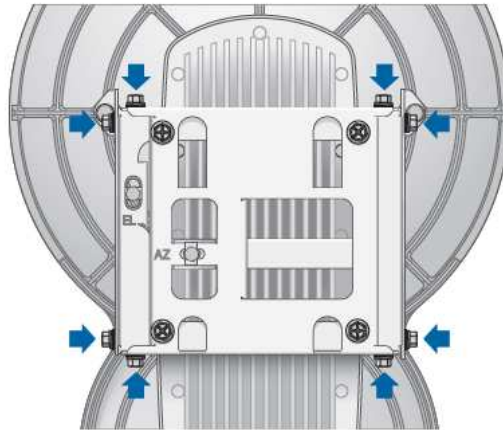


Ilustración 10.3: Guía de alineación

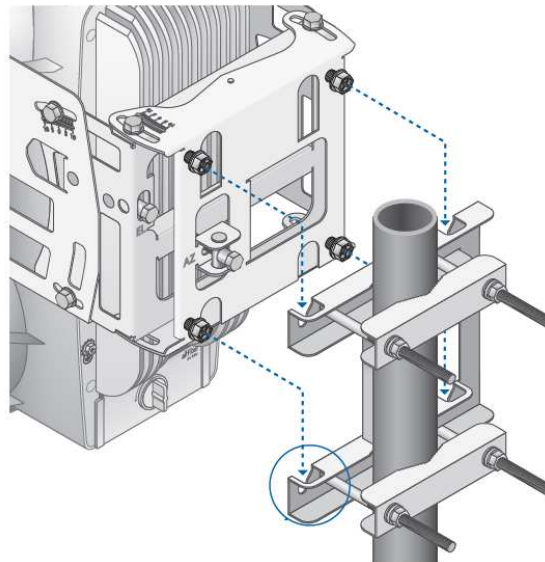


Ilustración 10.4: Instalación de la antena en el poste

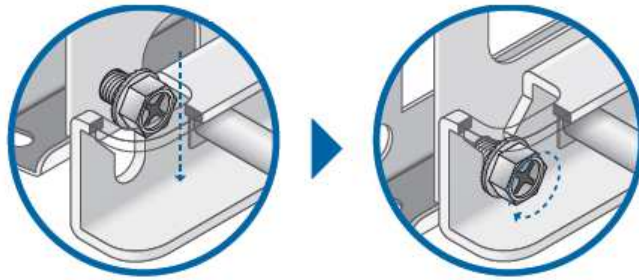


Ilustración 10.5: Detalle de la fijación de la antena al poste

- Remover la tuerca del punto de conexión a tierra y colocar la arandela del cable de tierra alrededor de la agarradera presente en el chasis. Asegurar nuevamente la tuerca removida previamente.
- Girar la perilla de bloque desde la posición “Locked” hasta la posición “Unlocked”. Deslizar la tapa hacia abajo para dejar al descubierto las interfaces de comunicaciones.

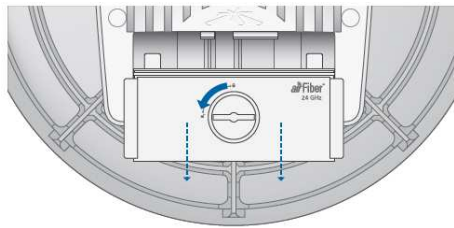


Ilustración 10.6: Descubrimiento de las interfaces de comunicaciones

- Conectar un cable UTP categoría 5e, armado, al puerto “DATA”. Introducir una arandela, provista en el paquete de la antena, a través del hueco para tal fin de forma que rodee y sujete al cable UTP.

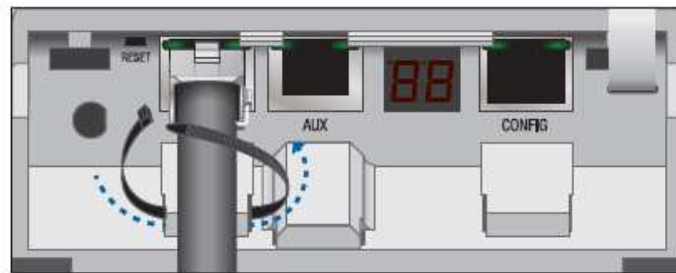


Ilustración 10.7: Conexión del cable de red a la antena

- Conectar el otro extremo del cable UTP al puerto PoE en el adaptador PoE provisto. Conectar un cable UTP al puerto “LAN” en el mismo adaptador. El otro extremo de dicho cable será conectado, bien al switch de datos, o bien al punto de acceso inalámbrico.



Ilustración 10.8: Conexión de la alimentación eléctrica

- Conectar el cable de corriente provisto en sus extremos, respectivamente al adaptador PoE y a la fuente de alimentación. Consultar el capítulo 11.

Es muy recomendable la conexión adicional de protectores de fuente, diseñados para proteger al equipamiento caso de tormentas y descargas eléctricas. Este dispositivo se encarga de drenar la energía eléctrica y electromagnética proveniente de una descarga eléctrica hacia la tierra física instalada en el sitio. Aunque es muy recomendable utilizar este dispositivo tanto para proteger la antena como para proteger al switch de datos, es suficiente con proteger este último. En ambos casos el dispositivo debe ser instalado a menos de 1 metro de distancia del elemento que se quiere proteger.

10.2. Instalación de switch de datos

Los switches de la serie Catalyst son switches rackeables, lo cual quiere decir que deben ser instalados en un armario. El empaquetamiento en el cual este dispositivo es provisto contiene los accesorios necesarios para realizar dicha instalación. Para instalar el switch en un armario se deben seguir los siguientes pasos:

- Quitar los tornillos localizados en los lados del switch.

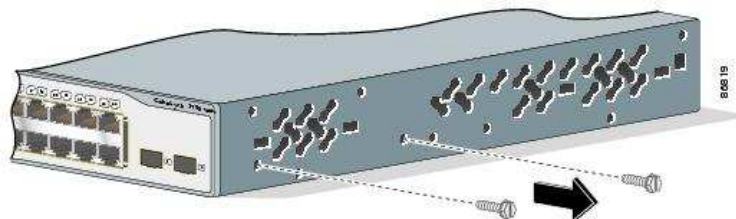


Ilustración 10.9: Preparación del switch

- Colocar las pestañas de montaje, provistas, en la parte lateral del switch, de forma que sus agujeros coincidan con la posición donde se insertan los tornillos en el chasis del switch. Introducir los tornillos extraídos previamente a través de los agujeros, como se muestra en la Ilustración 10.10. Se puede instalar una o dos orejas por lado, de acuerdo con los intereses del ayuntamiento de Carboneras y el tamaño del armario donde se instalará el switch.

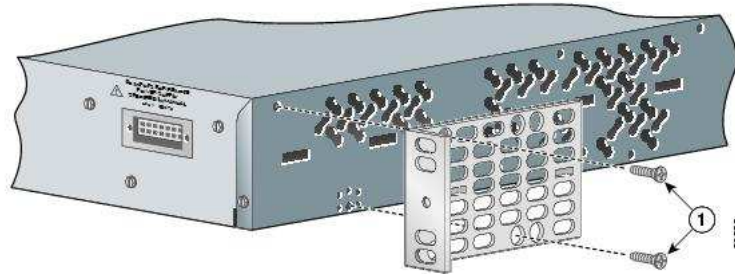


Ilustración 10.10: Instalación de las pestañas de sujeción

- Colocar el switch en el armario, a la altura de la unidad de rack donde será instalado.
- Introducir dos tornillos Phillips número 12, provistos en el paquete del kit de montaje, a través de los agujeros frontales del kit de montaje en armarios, hasta que atraviese completamente a la columna de unidades de rack del armario de telecomunicaciones. Atornillarlo hasta que no pueda girar, sin forzarlo.

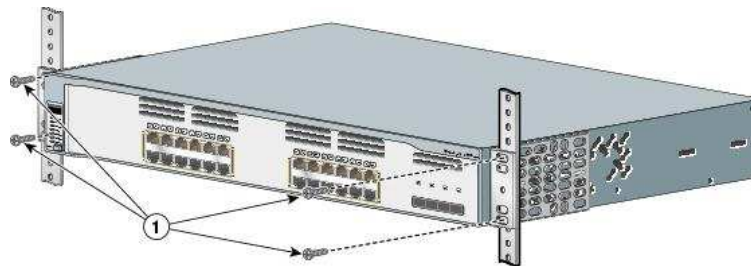


Ilustración 10.11: Instalación del switch en armario

- Colocar la guía de cables, provista en el paquete del switch, al nivel de la posición reservada en el dispositivo. Introducir el tornillo negro, provisto, a través del agujero en la guía y apretarlo hasta que no se pueda girar, sin forzarlo.



Ilustración 10.12: Instalación de la guía de cables

- Introducir el cable de alimentación al puerto adecuado en la parte trasera del switch y conectar su otro extremo a la fuente de alimentación.

Si se utilizarán cables de fibra óptica para conectar el switch al router del proveedor de servicios o del ayuntamiento, realizar el siguiente procedimiento:

- Conectar un kit de descarga electrostática a la superficie metálica del módulo SFP.
- Despegar los protectores de polvo de los puertos del módulo.
- Hacer que coincidan los puertos Tx – Rx del módulo SFP con los puertos Rx – Tx del puerto SFP en el switch. Introducir el módulo SFP en la ranura SFP deseada del switch. Desconectar el kit de descarga electrostática.

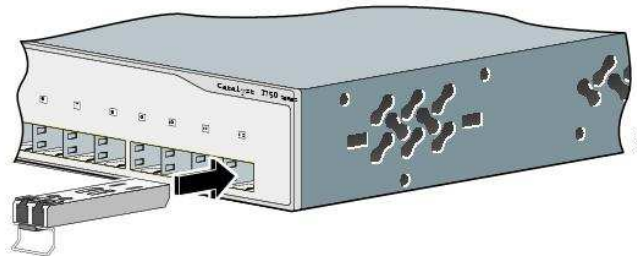


Ilustración 10.13: Instalación del módulo SFP

- Subir el gancho de sujeción del módulo con un destornillador.

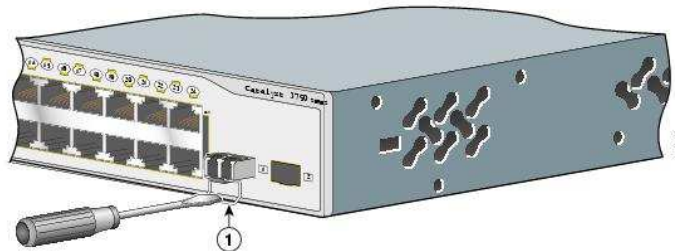


Ilustración 10.14: Fijación del módulo SFP

- Remover las tapas de goma tanto de los puertos SFP en el módulo, como del cable de fibra óptica.
- Insertar el cable de fibra óptica en el módulo, un conector LC por puerto.
- Una vez que el switch esté encendido, los LEDs del módulo deben pasar a color ámbar y, 30 segundos después pasar a color verde.



Ilustración 10.15: Conexión de cables de fibra óptica al módulo SFP

10.3. Instalación del punto de acceso inalámbrico

Es muy recomendable instalar el punto de acceso inalámbrico en un poste de luz existente en el sitio de cobertura, de forma que no es necesario invertir recursos adicionales en infraestructura. Se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Insertar dos pernos en cada arandela e instalar una tuerca en cada una, ajustándola hasta que los pernos sobresalgan por su parte trasera.

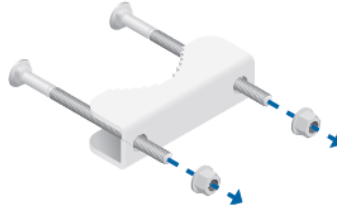


Ilustración 10.16: Preparación de la arandela de sujeción

- Colocar la arandela alrededor del poste, hasta que rodee su superficie. Ajustar la posición de los pernos hasta que la arandela se adapte completamente a la forma del poste.
- Deslizar el kit de montaje entre los dos pernos, hasta que quede completamente sujeto.



Ilustración 10.17: Instalación del kit del montaje en el poste

- Repetir los pasos anteriores con la segunda arandela.
- Apretar los cuatro pernos hasta que la estructura no se desplace a lo largo del poste y halar los cuatro pernos hacia el kit de montaje, de forma que queden inmovilizados.



Ilustración 10.18: Ajuste de la estructura

- Colocar el punto de acceso cerca de la estructura recién construida, de forma que coincidan las guías de montaje en ambos. Deslizar el punto de acceso entre esas guías hasta que quede completamente fijo.



Ilustración 10.19: Instalación del punto de acceso en el poste

- Presionar y halar hacia abajo la tapa inferior del punto de acceso.
- Conectar un cable UTP al puerto denominado "MAIN".



Ilustración 10.20: Conexión del radio a la alimentación eléctrica

- Conectar el otro extremo del cable UTP al puerto PoE del adaptador PoE provisto en el paquete del punto de acceso.
- Conectar el cable UTP proveniente de la antena punto a punto al puerto LAN del punto de acceso.
- Conectar el cable de alimentación provisto, un extremo en el adaptador PoE y otro en la fuente de alimentación. Consultar el capítulo 11.

11. Requisitos previos

Para realizar las actividades y procedimientos mencionados en el capítulo 10 es necesario contar con aspectos técnicos previamente provistos por el ayuntamiento de Carboneras, tanto en el centro de informática y telecomunicaciones del ayuntamiento, como en los sitios donde se instalarán los puntos de acceso inalámbricos.

11.1. Requisitos en el centro de informática

Los equipos de acceso a Internet serán instalados en el centro de redes e informática del ayuntamiento de Carboneras. Es su decisión decidir en qué sitio físico será instalado el equipamiento necesario para procesar los destinos hacia los cuales estarán dirigidas las transmisiones originadas por los usuarios del sistema. Sea cual sea el sitio físico donde el ayuntamiento decida realiza la instalación de los equipos, se requieren las siguientes condiciones:

- Suministro eléctrico: se requiere acceso a 220 VAC / 50 Hz para la alimentación eléctrica tanto del switch de datos como de aquellos equipos que sean entregados por el proveedor de servicios.
- Un armario, bien sea de suelo o de pared, que permita la instalación de equipos de 19" de ancho. Dicho armario deberá estar provisto con tomas de electricidad, ventilación superior para el transporte del aire caliente lejos de los equipos de comunicaciones, así como con todos aquellos accesorios que permiten el manejo ordenado del cableado necesario (organizadores horizontales de cables en el caso de armarios de pared, y tanto organizadores horizontales como verticales de cables en el caso de armarios de suelo) y un panel de conexión UTP con puertos categoría 5e para la conexión del switch a las antenas de microondas. Dentro del armario se requiere disponer una unidad de rack libre, así como 24 puertos del panel de conexiones.
- Sistema de refrigeración para mantener la temperatura del cuarto de equipos en los rangos exigidos por los fabricantes de los equipos.
- Sistema de control ambiental para mantener los niveles de presión y humedad requeridos por los fabricantes de los equipos.
- Sistema de cableado estructurado para realizar el tendido de todos los cables con dirección hacia las antenas de microondas, así como para el tendido de los cables del proveedor de servicios (si sus equipos se instalasen en un cuarto de equipos separado). Estos elementos incluyen escalerillas de cableado, tuberías de tipo conduit, cajas de registro, etc. Su instalación es un proyecto aparte del actual ya que depende de la arquitectura del edificio donde se instalen los equipos centrales del sistema.

11.2. Torre de transmisión

Debe ser construida una torre de transmisión en un sitio cercano al edificio donde se decida instalar el equipamiento de red. Se requiere:

- Una torre de transmisión en la cual se instalen las antenas de microondas. La construcción de esta torre, junto con sus requisitos legales y permisos debe ser tramitada por el ayuntamiento de Carboneras.
- Elemento para rayos instalado en la torre de transmisión conectado a tierra.
- Tomas de conexión a tierra en la estructura de la torre para la conexión de la tierra física de las antenas de microondas.

- Tomas de energía eléctrica (220 VAC / 50 Hz) en la posición donde serán instaladas tanto la antena de microondas como el punto de acceso inalámbrico.
- Conexión a tierra de la torre.
- Elementos de canalización de cableado en el interior de la torre, hechos con material outdoor, resistente a las condiciones climáticas y a la corrosión marina.

Si el ayuntamiento decide no construir una torre, pueden ser utilizados postes que aporten la suficiente estabilidad a las antenas de microondas. Dichos postes deben ser de tipo venteado, de forma que estén completamente anclados a la superficie del terreno mediante la utilización de cables de sujeción. Aunque se recomiendan tres cables, esta cantidad deberá ser decidida y calculada por los constructores del poste.

11.3. Postes de luz

Los puntos de acceso inalámbricos deberán ser instalados en postes de luz existentes en los sitios donde se proveerá cobertura a Internet. Se requiere:

- Toma de alimentación eléctrica (220 VAC / 50 Hz) tanto para la antena de microondas como para el punto de acceso inalámbrico.
- Elementos de puesta a tierra.
- Elemento para rayos.
- Elementos de canalización de cables (tuberías de tipo conduit con un diámetro apropiado al tipo y cantidad de cables a pasar por su interior). El dimensionamiento y diseño de estos elementos deberá ser realizado por el ayuntamiento de Carboneras o por la empresa que realice la instalación de los elementos en sitio.
- Los postes deben tener un diámetro estable entre 2" y 4 ".
- Aunque se recomiendan postes de forma hexagonal, también pueden ser utilizados postes circulares. No es requerido que los postes tengan una base. Aspectos estructurales deberán ser decididos por el ayuntamiento de Carboneras.

En los postes de luz, junto con los equipos de comunicaciones, debe ser instalada una caja de conexiones, en la cual se deben instalar la toma de energía eléctrica.

12. Presupuesto

En esta sección se presentan todos los equipos y materiales que son necesarios para la instalación directa de los elementos del sistema.

MODELO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	PROVEEDOR
Ubiquiti - UniFi UAP AC Outdoor	36	116,44	4.191,84	Landashop
Ubiquiti - AirFiber AF5U	36	817,72	29.437,92	Landashop
Cisco - Catalyst WS-C3750-24WS-S25	2	4.709,99	9.419,98	Smart Network
Cisco - 1000BASE LX/LH	Nota 1	220	Nota	Luma Optics
Panduit - FR26S2-R2M02	Nota 1			
LQ-12	Nota 2	36	Cablematic	
TOTAL	43.049,74			

Tabla 12.1: Presupuesto de equipos

ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO (EUROS / HH)	PERSONAS	HH	TOTAL (euros)
Instalación y configuración radios	36	100	4	1	14.400
Instalación y configuración puntos de acceso	36	100	2	0,5	3600
Instalación y configuración switch	1	250	1	0,5	125
Instalación cableado	Nota 2	100	2	1	Nota 2
Diseño de Cableado Estructurado	1	250	1	15	3750
TOTAL	21.875				

Tabla 12.2: Presupuesto de instalación

Tomando en cuenta que el sistema diseñado deberá ofrecer acceso gratuito a Internet a los vecinos y visitantes del municipio de Carboneras, se valora la viabilidad del presente proyecto desde el punto de vista de los propios usuarios del sistema. Otras tecnologías que funcionan de forma celular ofrecen la portabilidad y movilidad de las comunicaciones exigen la utilización de receptores específicos por parte del usuario, o la incorporación de las técnicas de codificación adecuadas para proveer acceso WiFi. Debido a que el sistema propuesto utiliza esta tecnología de forma nativa, se ahorran costos significativos en adaptación tecnológica.

Desde un punto de vista operativo, la viabilidad del presente proyecto radica en que el diseño y control de la red dependerá única y exclusivamente del personal de tecnología del ayuntamiento de Carboneras; mientras que utilizando otras tecnologías el diseño y control del sistema estará a cargo del proveedor del mismo; y se requerirá una planificación muy cuidadosa de las frecuencias a utilizar ya que, al ser sistemas celulares, se debe realizar un estudio adicional para la asignación de frecuencias y potencias en función de la ubicación.

Nota 1:

Estos equipos son opcionales. Su instalación dependerá de la tecnología que el ayuntamiento contrate. Serán utilizados sólo si se contrata un acceso a Internet por fibra óptica. Será responsabilidad de la empresa seleccionada para realizar la instalación, dimensionar y proveer todos aquellos elementos que sean necesarios para su correcta instalación. Éstos serán los elementos de canalización y cableado estructurado.

Nota 2:

La cantidad de cable UTP a instalar dependerá de la ruta de cableado seleccionada en el edificio donde se instalará el equipamiento central (se asume el centro de informática y redes del ayuntamiento). La decisión de instalación y cantidad de cable UTP a comprar e instalar debe ser tomada por el ayuntamiento o la empresa seleccionada para dicha labor una vez que se establezca la ruta de cableado y la ubicación de los diferentes equipos. La misma condición aplica para los postes donde se instalarán los equipos de radio del proyecto.

13. SIMULACIÓN DE ENLACES

En esta sección se realizará la simulación de los veinte enlaces necesarios para la provisión de acceso a Internet en las distintas zonas del municipio. Consultar la sección 4. A no ser que se indique lo contrario se

utilizará una potencia de transmisión de 40 dBm, y una frecuencia en la banda de 5740 MHz – 5725 MHz.

Los radio – enlaces serán viables siempre que la potencia de recepción sea mayor a -87 dBm (sensibilidad de los sistemas radiantes propuestos). En el caso del presente TFM, todos los radio-enlaces serán viables mediante la modificación de los siguientes parámetros:

- Potencia de transmisión de los sistemas radiantes.
- Altura sobre el nivel del suelo a la cual se instalarán dichos sistemas.

Debido a que forman parte de la segunda etapa del presente proyecto, la simulación de los enlaces inalámbricos correspondientes al puerto deportivo del municipio, y al paseo marítimo, serán desarrollados en el Anexo 2 de este documento. Su contabilidad sí fue incluida en el desarrollo del trabajo debido a que es recomendable realizar la adquisición de los equipos, y almacenamiento temporal hasta su posterior instalación.

Los puntos de acceso inalámbricos ofrecen una cobertura circular cuyo centro es el propio punto de acceso. Dado que se trata de un sistema punto a multi-punto no se considera necesario realizar un estudio de cobertura exhaustivo (similar al que se desarrolla en esta sección para los radio – enlaces): todos los dispositivos finales que se encuentren dentro del radio de cobertura mencionado previamente recibirán la señal de los equipos a distintas velocidades. Su cuantificación dependerá de los obstáculos (árboles, edificios, vehículos, personas, humedad, sal, etc.) que se encuentren en dicha zona de cobertura. Los estudios de cobertura son útiles en casos en los cuales se debe realizar una cuidadosa planificación de frecuencias y potencias, así como cuando se requiere realizar una cuidadosa alineación de los sistemas radiantes.

13.1. Plaza del Castillo

En esta plaza no existirá un enlace punto a punto debido a que se encuentra próxima al ayuntamiento, el cual se encuentra en la propia plaza. Se instalará directamente un punto de acceso inalámbrico para dar cobertura a esta zona.

Los puntos de acceso inalámbricos a ser utilizados tienen un patrón de propagación completamente circular, tomando como centro del círculo el propio punto de acceso. Tomando esto como referencia, estos radios propagan la energía electromagnética a una distancia máxima de 90 metros, con una potencia de transmisión máxima de 28 dBm. La máxima velocidad (1,3 Gbps) se logra a una distancia de 1 metro desde la localización del radio.

El punto de acceso de la zona será instalado en las coordenadas 36°59'48.74"N, 1°53'42.07"O. Estos datos provienen del software de geolocalización Google Maps. La Ilustración 13.1 muestra el área de cobertura como un círculo de color amarillo.



Ilustración 13.1: Cobertura en el ayuntamiento

13.2. Parque de la oficina de Turismo, en la calle del Mar.

Se deberá crear un enlace punto a punto entre el ayuntamiento de Carboneras y la calle del Mar, en las inmediaciones de la Oficina de Turismo del municipio. El acceso a Internet en la calle del Mar se realizará a través del punto de acceso localizado en la oficina del Ayuntamiento debido a que la distancia entre ambos sitios es muy pequeña y un enlace inalámbrico no es viable. Los equipos de radio punto a punto suelen exigir una distancia mínima de 200 metros entre el transmisor y el receptor; y la longitud del enlace es de aproximadamente 60 metros.

13.3. Plaza Pablo Picasso, localizada en la calle Carril

La Ilustración 13.2 muestra la ubicación de la plaza Pablo Picasso con respecto a la oficina del ayuntamiento.

Ilustración 13.4: Resultados del enlace

13.4. La avenida Almería con la calle Nueva, a nivel de la estación de autobuses Alsa

La Ilustración 13.5 muestra la ubicación de la intersección entre la Avenida Nueva y la Calle Almería; donde culminará el enlace punto a punto necesario para proveer acceso a Internet a los visitantes de la zona.



Ilustración 13.5: Ubicación de la calle Almería con Avenida Nueva

La Tabla 13.2 muestra las coordenadas de los dos radios del enlace, así como la altitud sobre el nivel del suelo a la cual las dos antenas serán instaladas. Se especifica también la altura del terreno sobre el nivel del mar en ambos casos.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	150
Avenida Nueva	36°59'58.60"N	1°53'44.38"O	24 m	100

Tabla 13.2: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Avenida Nueva

La Ilustración 13.6 muestra una representación gráfica del enlace de radio, junto con la forma de propagación del mismo.

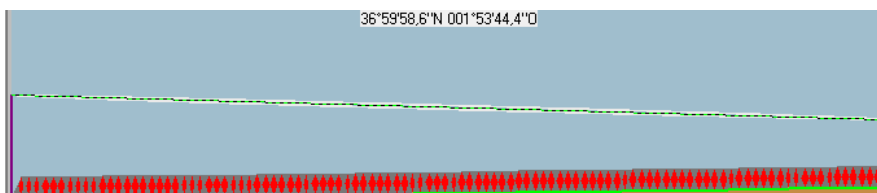


Ilustración 13.6: Representación del enlace

La Ilustración 13.7 muestra las características del enlace:

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática

Azimut=349,59°	Ang. de elevación=-6,577°	Despeje a 0,18km	Peor Fresnel=60,4F1	Distancia=0,31km
Espacio Libre=97,3 dB	Obstrucción=0,1 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=28,9 dB
Pérdidas=126,2dB (4)	Campo E=87,3dBμV/m	Nivel Rx=-78,3dBm	Nivel Rx=27,14μV	Rx relativo=16,7dB

Ilustración 13.7: Resultados del enlace

13.5. Parque de la calle Balandro

La Ilustración 13.8 muestra la ubicación del parque de la calle Balandro respecto de la oficina del ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 13.8: Ubicación del parque de la calle Balandro

La Tabla 13.3 muestra las coordenadas de los dos radios del enlace, así como la altitud sobre el nivel del suelo a la cual las dos antenas serán instaladas. Se especifica también la altura del terreno sobre el nivel del mar en ambos casos.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	150
Avenida Nueva	37° 0'2.23"N	1°53'29.24"O	9 m	100 m

Tabla 13.3: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Parque Balandro

La Ilustración 13.9 muestra una representación gráfica del enlace de radio, junto con la forma de propagación del mismo.

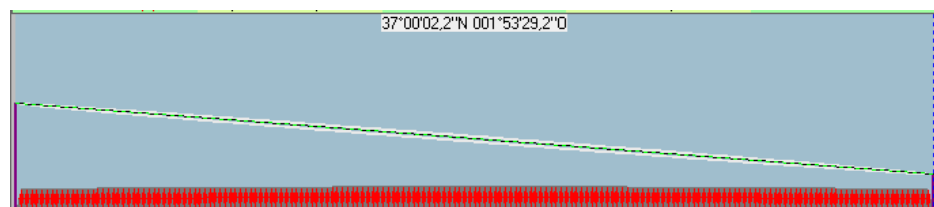


Ilustración 13.9: Representación gráfica

La Ilustración 13.10 muestra las características del enlace:

Azimut=37,10°	Ang. de elevación=-10,921°	Despeje a 0,40km	Peor Fresnel=31,8F1	Distancia=0,53km
Espacio Libre=101,9 dB	Obstrucción=-5,3 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=30,5 dB
Pérdidas=127,1dB (4)	Campo E=76,9dBμV/m	Nivel Rx=-78,8dBm	Nivel Rx=25,76μV	Rx relativo=16,2dB

Ilustración 13.10: Resultados del enlace

13.6. Avenida Garrucha – Fuente de soda

La Ilustración 13.11 muestra la ubicación del primer sitio con cobertura del sistema en la avenida Garrucha en relación con la oficina del ayuntamiento.

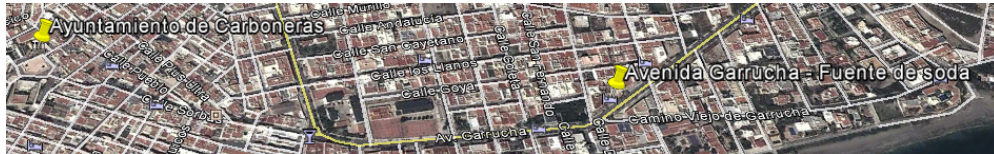


Ilustración 13.11: Fuente de soda la calle Garrucha

La Tabla 13.5 muestra las coordenadas de los dos radios del enlace, así como la altitud sobre el nivel del suelo a la cual las dos antenas serán instaladas. Se especifica también la altura del terreno sobre el nivel del mar en ambos casos.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	60 m
Avenida Garrucha – Fuente de soda	37° 0'8.06"N	1°53'27.61"O	6,1 m	150 m

Tabla 13.4: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Parque Balandro

La Ilustración 13.9 muestra una representación gráfica del enlace de radio, junto con la forma de propagación del mismo.

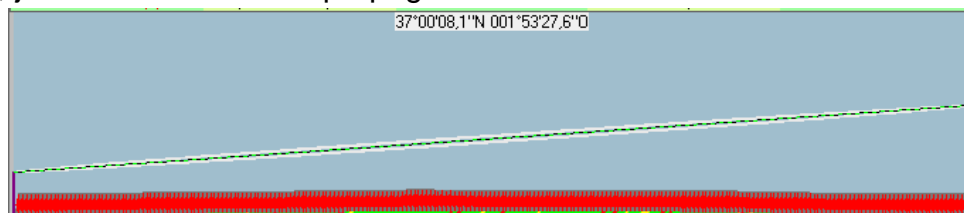


Ilustración 13.12: Representación gráfica

La Ilustración 13.10 muestra las características del enlace:

Azimut=30,80°	Ang. de elevación=7,150°	Despeje a 0,21km	Peor Fresnel=29,6F1	Distancia=0,70km
Espacio Libre=104,3 dB	Obstrucción=-2,2 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=30,9 dB
Pérdidas=133,0dB (4)	Campo E=73,7dBµV/m	Nivel Rx=-87,0dBm	Nivel Rx=9,95µV	Rx relativo=8,0dB

Ilustración 13.13: Resultados del enlace

13.7. Avenida Garrucha - Pizzería

La Ilustración 13.14 muestra la ubicación de la pizzería de la avenida Garrucha en relación con el ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 13.14: Ubicación de la pizzería en la avenida Garrucha

La Tabla 13.5 muestra las coordenadas de los dos radios del enlace, así como la altitud sobre el nivel del suelo a la cual las dos antenas serán instaladas. Se especifica también la altura del terreno sobre el nivel del mar en ambos casos.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	60 m
Avenida Garrucha – Pizzería	37° 0'3.00"N	1°53'27.70"O	6,1 m	60 m

Tabla 13.5: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento - Parque Balandro

La Ilustración 13.9 muestra una representación gráfica del enlace de radio, junto con la forma de propagación del mismo.

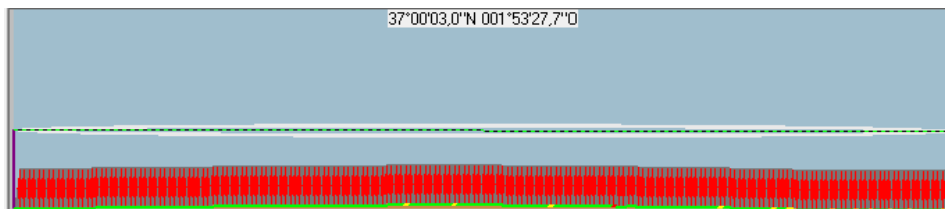


Ilustración 13.15: Representación gráfica

La Ilustración 13.16 muestra las características del enlace:

Azimet=38,72°	Ang. de elevación=-0,248°	Despeje a 0,29km	Peor Fresnel=20,5F1	Distancia=0,57km
Espacio Libre=102,4 dB	Obstrucción=2,9 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=30,7 dB
Pérdidas=136,0dB (4)	Campo E=67,0dBμV/m	Nivel Rx=-90,3dBm	Nivel Rx=6,84μV	Rx relativo=4,7dB

Ilustración 13.16: Resultados del enlace

13.8. Avenida Garrucha – Final

Esta antena dará servicio al área que rodea al polideportivo de la avenida Garrucha. La Ilustración 13.17 muestra la ubicación de la antena de comunicaciones en relación con la antena a ser instalada en el ayuntamiento del municipio.



Ilustración 13.17: Ubicación de la antena

La Tabla 13.6 muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	60 m
Avenida Garrucha – Final	37° 0'14.64"N	1°53'29.54"O	16 m	104,5 m

Tabla 13.6: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – Final de avenida Garrucha

La Ilustración 13.18 muestra una representación gráfica del enlace de radio, junto con la forma de propagación del mismo. Se deberá utilizar una potencia en este enlace de 50 dBm.

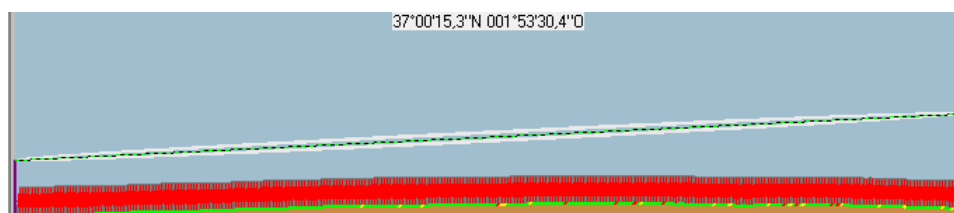


Ilustración 13.18: Representación gráfica del enlace

La Ilustración 13.16 muestra las características del enlace:

Azimut=19,31°	Áng. de elevación=3,199°	Despeje a 0,33km	Peor Fresnel=21,0F1	Distancia=0,87km
Espacio Libre=106,2 dB	Obstrucción=-5,0 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=31,0 dB
Pérdidas=132,2dB (4)	Campo E=79,2dBμV/m	Nivel Rx=-84,4dBm	Nivel Rx=13,44μV	Rx relativo=10,6dB

Ilustración 13.19: Resultados del enlace

14. Alineación de los enlaces punto a punto

Todo sistema de transmisión / recepción punto a punto de microondas debe contener lo que se conoce como línea de vista, lo cual es asegurar que tanto el receptor como el receptor pueden realizar una transmisión hacia el otro sin la existencia de obstáculos e interferencias. El hecho de que dos dispositivos estén en línea recta entre sí sin obstáculos físicos no implica que exista línea de vista entre ellos.

La alineación entre las antenas se realiza, una vez que éstas han sido instaladas físicamente en su sitio de operación, siguiendo el siguiente procedimiento. Es recomendable que los instaladores de las dos antenas que forman un enlace estén en continua comunicación debido a que mientras uno realiza los ajustes de azimut y elevación en un radio, el otro debe reportar los valores recibidos en el otro.

- Aflojar las ocho perillas de bloqueo en la guía de alineación con la mano.
- Asegurarse que tanto las perillas de ajuste del azimut como de la elevación se encuentran en la mitad de los canales de ajuste.
- Apuntar la antena que será configurada como Máster a la que será configurada como Esclavo. Si fuese necesario, ajustar la posición física del Máster en el poste siguiendo el procedimiento mencionado en la sección 10.1.
- Apuntar la antena que será configurada como Esclavo hacia el Máster hasta alcanzar el máximo nivel de recepción en el indicador de la misma, localizado al lado del puerto CONFIG.
- Ajustar la elevación y azimut de la antena Máster (moviendo las perillas adecuadas) hasta que se alcance el máximo nivel de recepción posible. Ambos valores deben estar ubicados entre -10° y 10° para un correcto funcionamiento del sistema.
- De uno en uno, ajustar los grados de azimut y elevación en ambas antenas, hasta que se alcance el máximo nivel de recepción de señal.
- Repetir los dos pasos anteriores hasta que la diferencia entre los niveles de señal recibida, tanto en el Máster como en el Esclavo, sea menor a 1 dB.
- Bloquear la alineación apretando las ocho perillas de bloqueo en la guía de alineación.
- Observar el indicador de nivel de señal en ambos radios para asegurarse de que este valor no cambia. Si llegase a variar, repetir el procedimiento explicado en esta sección.

- Colocar la cubierta y bloquearla moviendo la perilla de bloque hasta la posición Locked.

15. Aspectos legales

Para implementar este proyecto se deben tener en cuenta dos tipos de aspectos legales:

- Infraestructura.
- Radio enlaces.

Será responsabilidad del ayuntamiento crear los escritos necesarios para la construcción e instalación de los postes cuyas alturas se mencionan en el capítulo 0. Si no es posible la construcción de postes venteados en la posición exacta mencionada (las coordenadas especificadas), éstos se deben instalar en la posición más cercana posible, de forma que no se vea afectada la calidad de los enlaces.

La banda de 5 GHz es de libre uso en España. Pueden ser utilizadas dos rangos de frecuencias dentro de esta banda:

- 5150 MHz – 5350 MHz: banda libre utilizable sólo en ambientes interiores con potencia de transmisión limitada a 200 mW.
- 5250 MHz – 5350 MHz: las mismas características de la anterior, limitando la potencia de transmisión a 100 mW.
- 5470 MHz – 5725 MHz: banda libre utilizable en ambientes exteriores, limitando la potencia de transmisión a 1W.

Los sistemas que operan en la banda de 5470 MHz – 5724 MHz deben tener un PIRE máximo de 30 dBm (1W). Esta banda puede ser utilizada para el acceso inalámbrico a sistemas de comunicaciones electrónicas, incluyendo así mismo el acceso a redes de datos.

Al tratarse de una banda de frecuencias libre, no se tiene que solicitar ningún permiso para su instalación ni operación.

El ayuntamiento de Carboneras, al momento en que empiece a ofrecer el servicio propuesto en este TFM se convertirá en un operador que pasará a competir con los operadores establecidos previamente en la zona (operadores de telefonía fija y móvil); por lo cual debe realizar las siguientes acciones:

- Inscribirse en el Registro de Operadores de la CMT.
- Crear una separación contable.

- Operar bajo los principios de transparencia, no discriminación y neutralidad de la red.
- El acceso WiFi debe limitarse a zonas abiertas no residenciales.
- Se debe limitar la velocidad de navegación (mediante el software provisto con los radio – enlaces y los puntos de acceso inalámbricos) a 256 kbps. Si se quiere ofrecer las velocidades mencionadas en este TFC, se deben crear promociones con duración limitada.

16. Conclusiones

Como resultado de las simulaciones realizadas, es importante notar que los enlaces deben incluir una potencia de recepción mayor a la sensibilidad de los equipos a utilizar. Los cálculos realizados mediante el software de simulación de enlaces de radio “Radio Mobile versión 11.5.1” demuestran que dichos enlaces, instalando las antenas en las alturas indicadas, son completamente viables, dejando un umbral de potencia electromagnética lo suficientemente elevado como para que el sistema funcione con niveles adecuados de calidad.

El software de simulación utiliza modelos de propagación climática que suelen otorgar resultados aproximadamente exactos en cuanto a las pérdidas por espacio libre y a las pérdidas de propagación de acuerdo al ambiente (ciudad, bosque, mar, etc.). Sin embargo, antes de realizar la instalación y configuración del sistema, se debe realizar un estudio de cobertura para las frecuencias a utilizar, de forma que se estime de una forma más exacta las pérdidas y niveles de recepción que existirán en cada uno de los enlaces.

La velocidad que los usuarios experimentarán en sus dispositivos finales dependerá de la calidad del enlace en cada momento. Será dinámica. Dicha calidad se verá afectada de forma muy crítica por las condiciones climáticas. La lluvia extrema, si las antenas no están bien alineadas entre sí, podrá causar la pérdida completa del enlace mientras dure esta condición.

Aunque se trata de un municipio pequeño en extensión, y sin grandes cambios orográficos (al menos en la porción del mismo que será utilizada en el proyecto), los niveles de recepción (según la simulación realizada con el software Radio Mobile) están muy cercanos a la sensibilidad de los equipos receptores. Esto se debe a que las transmisiones serán realizadas en un ambiente marino, en el cual existe una gran concentración de sal y agua en el aire. El agua en la atmósfera interfiere con las transmisiones realizadas a la frecuencia de los enlaces debido a que absorbe parte de la energía electromagnética generada por las antenas. La empresa responsable de la instalación de los equipos punto a punto será responsable de determinar la viabilidad de instalarlos en las localizaciones y alturas sobre el nivel del suelo mencionado en este documento.

Aunque los puntos de acceso inalámbricos a utilizar en el proyecto tienen la capacidad de transmitir señales a una distancia de 150 metros desde el propio radio, las personas localizadas a distancias próximas a este valor, experimentarán pérdidas frecuentes de servicio y disminución de la velocidad. Será una buena práctica que el ayuntamiento de Carboneras publicite las zonas WiFi sólo para las áreas que se encuentran por debajo de los 120 metros de radio desde el punto de acceso de la zona.

Las velocidades mencionadas en la sección 5.1 son referenciales y fruto de la experiencia obtenida a lo largo del tiempo. No responden a ningún tipo de estudio teórico realizado formalmente por empresa o universidad alguna. La velocidad que cada usuario experimente durante su actividad de uso de la red de datos del municipio dependerá fundamentalmente de:


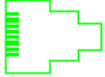
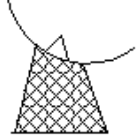




- La distancia a la que se encuentre del punto de acceso al cual se encuentra conectado. Mientras mayor sea esta distancia, menor será la velocidad de red de su dispositivo.
- El sitio geográfico donde se ubique. En zonas muy próximas a la orilla del mar, la velocidad experimentada será considerablemente menor que en puntos del interior debido a que la concentración de sal y agua en el aire disminuye a medida que se aleja del mar y, por tanto, la interferencia.
- El número de dispositivos que se encuentren conectados simultáneamente al punto de acceso en uso. Mientras mayor sea el número de usuarios del mismo, menor será la velocidad de red de cada uno de ellos.
- Las políticas de configuración que sean aplicadas por el ayuntamiento de Carboneras a los dispositivos de red en cuanto a los permisos y prioridad de los distintos tipos de servicios y aplicaciones que corren los dispositivos finales de los usuarios del sistema.

Aunque es de primordial importancia cumplir con todos los requisitos mencionados en el capítulo 11, esto no implica que el servicio estará disponible el 100% del tiempo. Existirá un número de horas al año (menor al 1%) en el cual el sistema por diversas razones estará caído. La principal razón son los períodos de lluvia fuerte y los cortes de servicio eléctrico que se puedan dar.

Aunque el costo de implementación pudiera resultar superior al costo de otras tecnologías multi-acceso, se considera un proyecto viable debido a que esta tecnología permite la utilización de personal propio del ayuntamiento para su mantenimiento y gestión. No es necesario contratar personal especializado en la gestión de otras tecnologías. El personal de informática y telecomunicaciones del ayuntamiento de Carboneras tiene la capacidad de gestionar esta tecnología, ya que es la misma que utilizan para gestionar el equipamiento que el ayuntamiento posee. Adicionalmente, la implementación de la tecnología propuesta resulta sencilla debido a que no requiere estudios de frecuencia y potencia especiales, a diferencia de otras tecnologías existentes. Por esta razón, resulta también muy sencillo la ampliación de la red cuando sea necesario (caso 1: la inclusión del Paseo Marítimo en la red).

Aunque no se implementan en este proyecto, es también de primordial importancia el cumplimiento de las normas de puesta a tierra de equipos de telecomunicaciones, como fue mencionado en la sección 9.2.

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
 Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática
ANEXO 1. : SIMBOLOGÍA

	PUNTO DE ACCESO		CONECTOR RJ-45
	ANTENA PUNTO A PUNTO		ROUTER
	CABLE DE FIBRA ÓPTICA		SWITCH
	CABLE UTP		

ANEXO 2. : ENLACES INALÁMBRICOS FUTUROS

Como fue mencionado en el capítulo 0, se realizará el mismo estudio previo para los enlaces a ser instalados a lo largo del Paseo Marítimo de Carboneras y del puerto deportivo.

La razón es que, dado que éstos no forman parte del proyecto inicial, sino que serán implementados en una segunda etapa, su estudio puede ser dejado aparte.

Cada antena será colocada a 150 metros de la anterior, de forma que se mantenga una zona de cobertura completa por parte de los puntos de acceso a lo largo de todo el paseo marítimo.

1. Paseo Marítimo

La ilustración 2.1 muestra la ubicación del radio que cubrirá la primera zona del paseo marítimo en relación con el ayuntamiento del municipio.



Ilustración 2.1: Ubicación del primer radio con respecto al ayuntamiento

La Tabla 13.6 muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 1	37° 0'15.99"N	1°53'21.12"O	2 m	50 m

Tabla 2.1: Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – primer enlace del P.M.

La ilustración 2.2 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

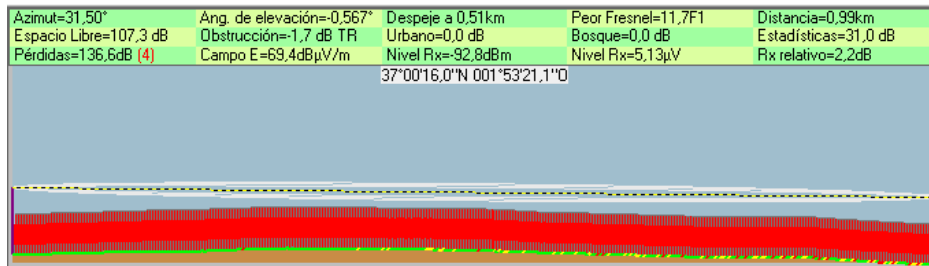


Ilustración 2.2: Representación gráfica del enlace.

La ilustración 2.3 muestra la ubicación del segundo radio.



Ilustración 2.3: Ubicación del segundo radio con respecto al ayuntamiento

La tabla 2.2. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 2	37° 0'10.84"N	1°53'22.46"O	3 m	45 m

Tabla 2.2 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – segundo enlace del P.M.

La ilustración 2.4 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

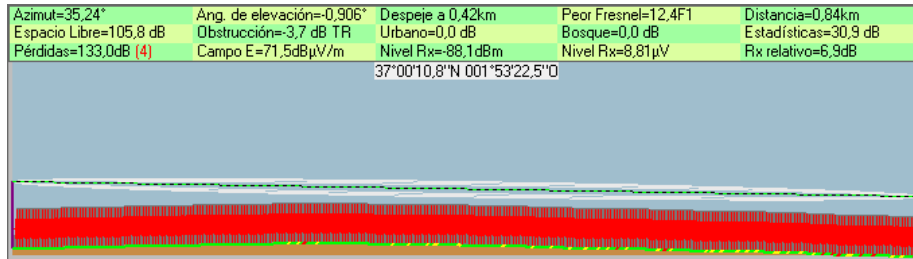


Ilustración 2.4: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.5 muestra la ubicación del tercer radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras.

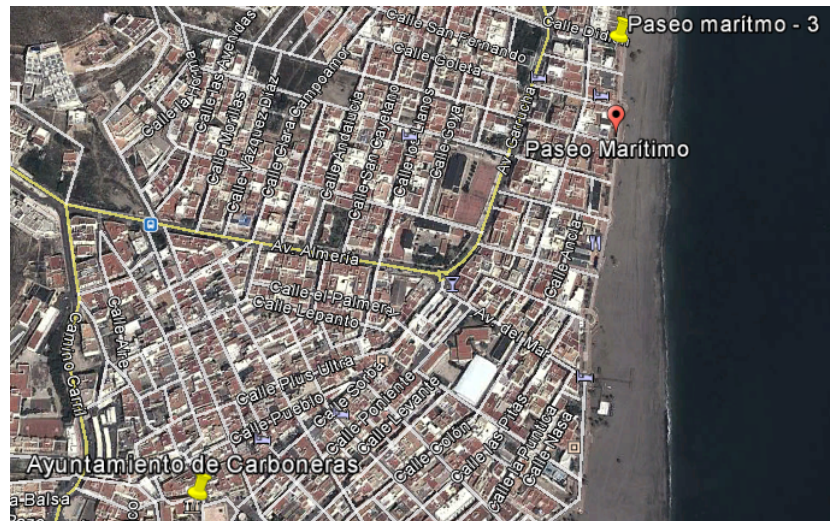


Ilustración 2.5: Ubicación del tercer radio del P.M.

La tabla 2.3. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 3	37° 0'5.79"N	1°53'23.59"O	6 m	55 m

Tabla 2.3 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – tercer enlace del P.M.

La ilustración 2.6 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

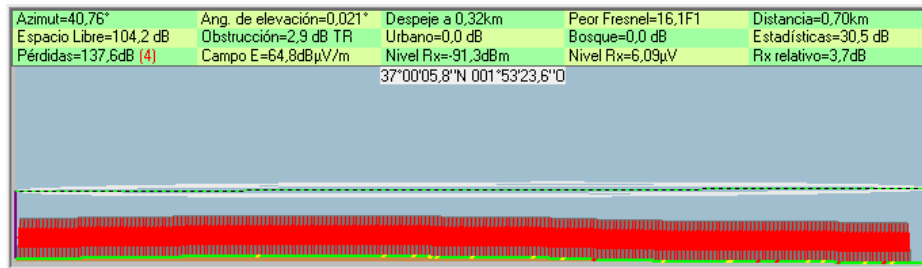


Ilustración 2.6: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.7 muestra la ubicación del cuarto radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras

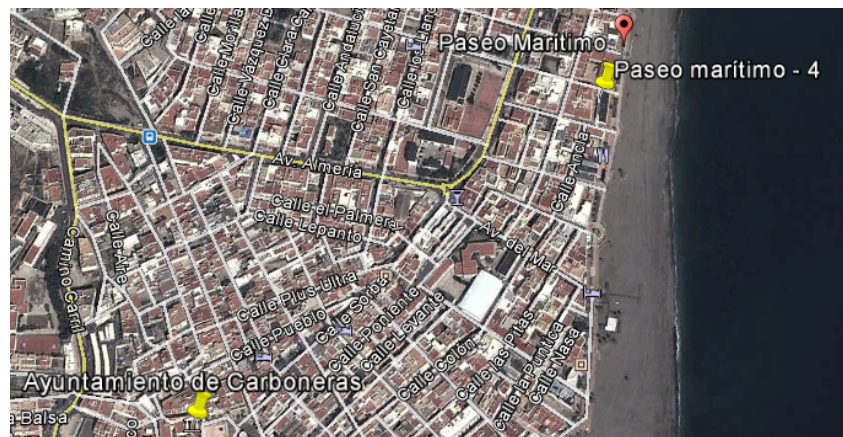


Ilustración 2.7: Ubicación del tercer radio del P.M.

La tabla 2.4. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 4	37° 0'0.43"N	1°53'24.74"O	3 m	55 m

Tabla 2.4 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – cuarto enlace del P.M.

La ilustración 2.8 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
 Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática

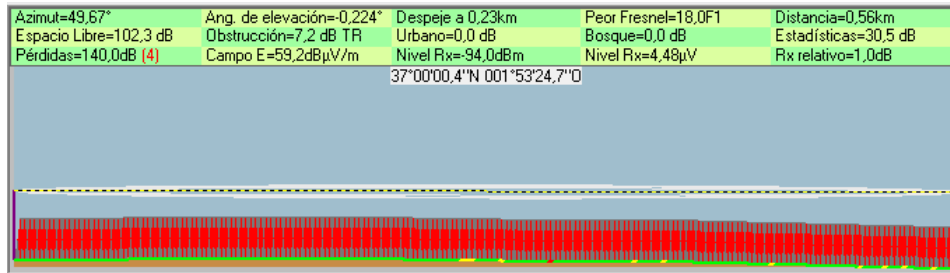


Ilustración 2.8: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.9 muestra la ubicación del quinto radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras

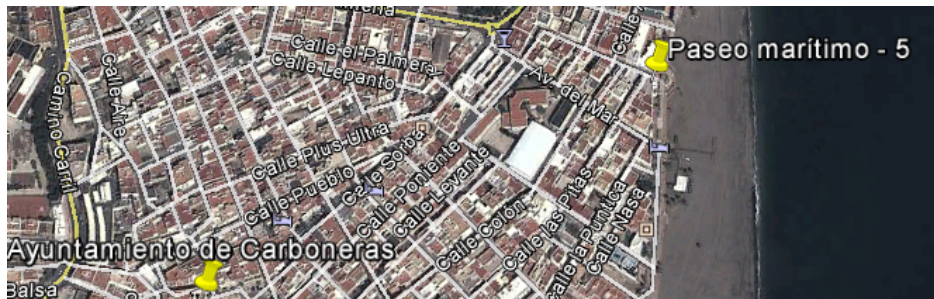


Ilustración 2.9: Ubicación del tercer radio del P.M.

La tabla 2.5. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ALTITUD DE LA ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 5	36°59'55.34"N	1°53'25.51"O	3 m	55 m

Tabla 2.5 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – quinto enlace del P.M.

La ilustración 2.10 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática

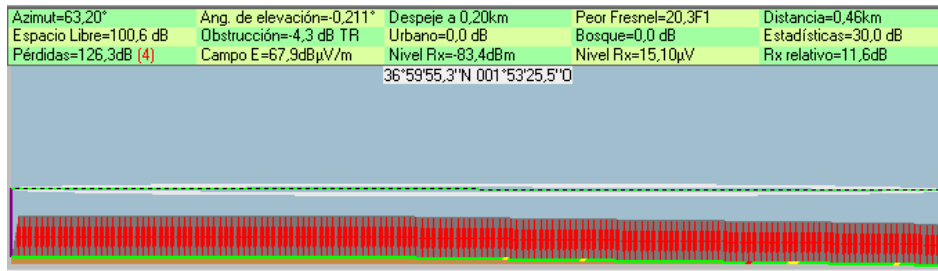


Ilustración 2.10: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.11 muestra la ubicación del sexto radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 2.11: Ubicación del sexto radio del P.M.

La tabla 2.6. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 6	36°59'50.24"N	1°53'25.69"O	3 m	55 m

Tabla 2.6 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – sexto enlace del P.M.

La ilustración 2.12 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

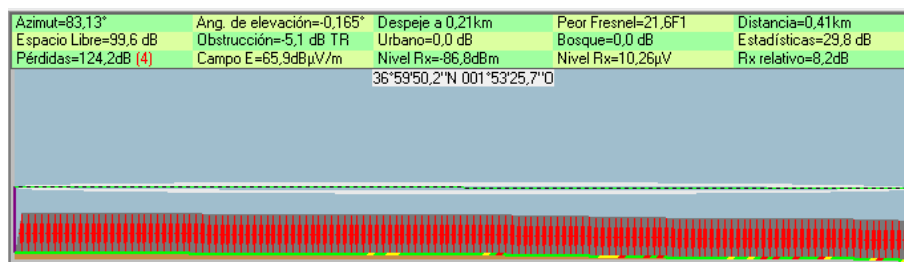


Ilustración 2.12: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.13 muestra la ubicación del séptimo radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 2.13: Ubicación del séptimo radio del P.M.

La tabla 2.7. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 7	36°59'46.21"N	1°53'31.81"O	5,9 m	45

Tabla 2.8 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – séptimo enlace del P.M.

La ilustración 2.14 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

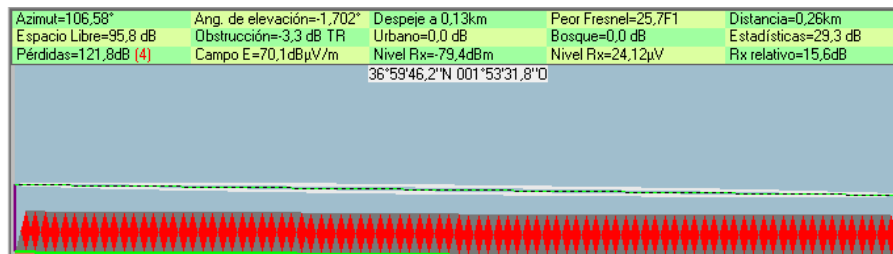


Ilustración 2.14: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.15 muestra la ubicación del octavo radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 2.15: Ubicación del octavo radio del P.M.

La tabla 2.9. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 8	36°59'44.84"N	1°53'37.69"O	3 m	55 m

Tabla 2.9 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – octavo enlace del P.M.

La ilustración 2.16 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

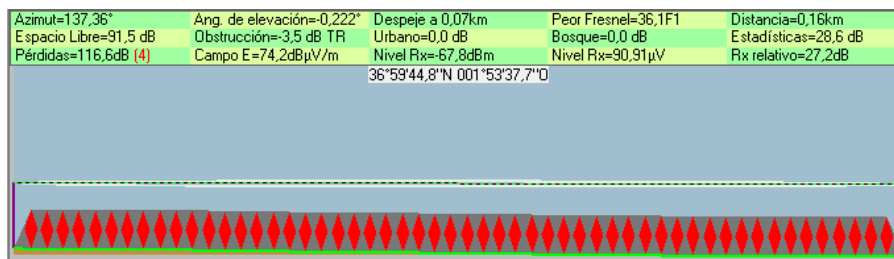


Ilustración 2.16: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.17 muestra la ubicación del noveno radio con respecto al ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 2.17: Ubicación del noveno radio del P.M.

La tabla 2.10. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 9	36°59'41.93"N	1°53'43.53"O	5 m	50 m

Tabla 2.10 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – noveno enlace del P.M.

La ilustración 2.18 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

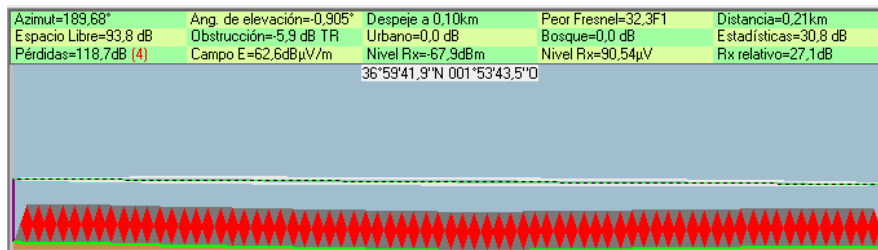


Ilustración 2.18: Representación gráfica del enlace

La ilustración 2.19 muestra la ubicación del décimo radio del P.M. con respecto al ayuntamiento de Carboneras.



Ilustración 2.19: Ubicación del décimo radio del P.M.

La tabla 2.11. Muestra las coordenadas, altura sobre el nivel del mar y altitud sobre el nivel del suelo, de los dos radios necesarios para implementar el enlace.

SITIO	COORDENADAS		ALTURA	ANTENA
Ayuntamiento	36°59'48.66"N	1°53'42.09"O	9 m	50 m
Paseo marítimo - 10	36°59'39.42"N	1°53'48.73"O	5 m	30 m

Tabla 2.11 Coordenadas y altura del enlace Ayuntamiento – décimo enlace del P.M.

La ilustración 2.20 muestra una representación gráfica del enlace, junto con sus características de recepción.

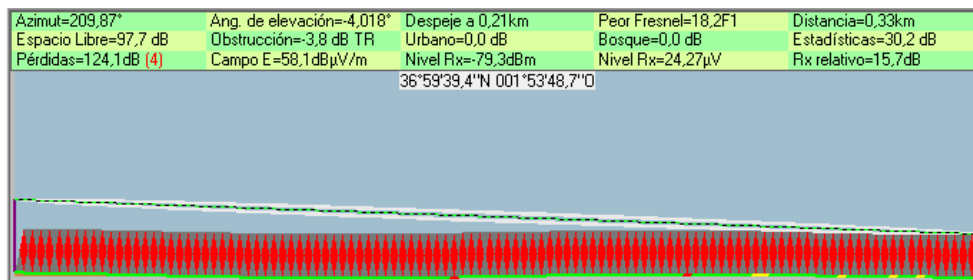


Ilustración 2.20: Representación gráfica del enlace

ANEXO 3. : DOCUMENTACIÓN DE EQUIPOS. Access Point Ubiquiti - UniFi UAP AC Outdoor



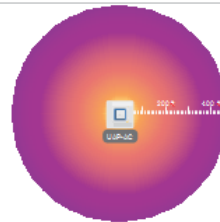
Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
 Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática



UniFi AP-AC (UAP-AC)	
Dimensions	200 x 204 x 27 mm (7.87 x 8.03 x 1.06 in)
Weight	508 g (1.12 lb) without Mounting Kits 566 g (1.25 lb) with Mounting Kits
Networking Interface	(2) 10/100/1000 Ethernet Ports
Buttons	Reset
Antennas	Integrated 5 dBi Omni (Supports 3x3 MIMO with Spatial Diversity) Integrated 5 dBi Omni (Supports 3x3 MIMO with Spatial Diversity)
2.4 GHz	
5 GHz	
Wi-Fi Standards	802.11 a/b/g/n/ac
Power Method	Passive Power over Ethernet (48V), 802.3at Supported (Supported Voltage Range: 39 to 57VDC)
Power Supply	48V, 0.5A PoE Gigabit Adapter Included
Maximum Power Consumption	22 W
Maximum TX Power	
2.4 GHz	28 dBm
5 GHz	28 dBm
BSSID	Up to Four per Radio
Power Save	Supported
Wireless Security	WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Wall/Ceiling (Kits Included)
Operating Temperature	-10 to 55° C (14 to 131° F)
Operating Humidity	5 - 80% Non-Condensing

Advanced Traffic Management	
VLAN	802.1Q
Advanced QoS	Per-User Rate Limiting
Guest Traffic Isolation	Supported
WMM	Voice, Video, Best Effort, and Background
Concurrent Clients	200+

Supported Data Rates (Mbps)	
Standard	Data Rates
802.11a	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
802.11n	6.5 Mbps to 450 Mbps (MCS0 - MCS23, HT 20/40)
802.11ac	6.5 Mbps to 1300 Mbps (MCS0 - MCS9 NSS1/2/3, VHT 20/40/80)
802.11b	1, 2, 5.5, 11 Mbps
802.11g	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps



Switch de datos Cisco – Catalyst WS-C3750-24WS-S25



Data Sheet

Cisco Catalyst 3750 Series Switches

Product Overview

The Cisco® Catalyst® 3750 Series Switches (Figures 1 through 4) are innovative switches that improve LAN operating efficiency by combining industry-leading ease of use and high resiliency for stackable switches. This product series features Cisco StackWise™ technology, a 32-Gbps stack interconnect that allows customers to build a unified, highly resilient switching system, one switch at a time.

Figure 1. Cisco Catalyst 3750 Series Switches for 10/100 and 10/100/1000 Access and Aggregation



Figure 2. Cisco Catalyst 3750-24PS and Cisco Catalyst 3750-48PS Switches with IEEE 802.3af Power



Figure 3. Cisco Catalyst 3750G-16TD Switch



Figure 4. Cisco Catalyst 3750G-48TS Switch, Cisco Catalyst 3750G-48PS Switch with IEEE 802.3af Power, Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U Switch, and Cisco Catalyst 3750G-24PS Switch with IEEE 802.3af Power



For midsized organizations and enterprise branch offices, the Cisco Catalyst 3750 Series eases deployment of converged applications and adapts to changing business needs by providing configuration flexibility, support for converged network patterns, and automation of intelligent network services configurations. In addition, the Cisco Catalyst 3750 Series is optimized for high-density Gigabit Ethernet deployments and includes a diverse range of switches that meet access, aggregation, or small-network backbone-connectivity requirements.

Configurations

The Cisco Catalyst 3750 Series includes the following configurations:

- Cisco Catalyst 3750G-24TS-24 Ethernet 10/100/1000 ports and four Small Form-Factor Pluggable (SFP) uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-24T-24 Ethernet 10/100/1000 ports
- Cisco Catalyst 3750G-12S-12 Gigabit Ethernet SFP ports
- Cisco Catalyst 3750-48TS-48 Ethernet 10/100 ports and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-24TS-24 Ethernet 10/100 ports and two SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-48PS-48 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard Power over Ethernet (PoE) and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-24PS-24 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE and two SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750-24FS-24 100BASE-FX Ethernet ports and two SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U-24 Ethernet 10/100/1000 ports and four SFP uplinks, 1-rack unit (RU) height
- Cisco Catalyst 3750G-24PS-24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-48TS-48 Ethernet 10/100/1000 ports and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-48PS-48 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE and four SFP uplinks
- Cisco Catalyst 3750G-24WS-24 Ethernet 10/100/1000 ports with IEEE 802.3af, Cisco prestandard PoE and two SFP uplinks and an integrated wireless LAN controller

The Cisco Catalyst 3750 Series is available with either the IP Base image or the IP Services image. The IP Base image feature set includes advanced quality of service (QoS), rate-limiting, access control lists (ACLs), static routing, Routing Information Protocol (RIP) and EIGRP stub routing, capabilities. The IP Services image provides a richer set of enterprise-class features, including advanced hardware-based IPv6 and multicast routing.

Cisco StackWise Technology offers Stackable Resiliency

Cisco StackWise technology is a stacking architecture optimized for Gigabit Ethernet. This technology is designed to respond to additions, deletions, and redeployment while maintaining constant performance. Cisco StackWise technology unites up to nine individual switches into a single logical unit, using special stack-interconnect cables and stacking software. The individual switches can be any combination of Cisco Catalyst 3750 and Cisco Catalyst 3750-E Series Switches. The stack behaves as a single switching unit that is managed by a master switch, elected from one of the member switches. The master switch automatically creates and updates all the switching and optional routing tables. A working stack can accept new members or delete old ones without service interruption.

Cisco EnergyWise Technology

Cisco EnergyWise is an innovative architecture, added to the Cisco Catalyst 3750 switches, promoting companywide sustainability by reducing energy consumption across an entire corporate infrastructure and affecting more than 50 percent of global greenhouse gas emissions created by worldwide building infrastructure, a much greater effect than the 2 percent generated by the IT industry. Cisco EnergyWise enables companies to measure the power consumption of network infrastructure and network-attached devices and manage power consumption with specific policies, reducing power consumption to realize increased cost savings, potentially affecting any powered device.

EnergyWise encompasses a highly intelligent network-based approach to communicate messages that measure and control energy between network devices and endpoints. The network discovers Cisco EnergyWise manageable devices, monitors their power consumption, and takes action based on business rules to reduce power consumption. EnergyWise uses a unique domain-naming system to query and summarize information from large sets of devices, making it simpler than traditional network management capabilities. Cisco EnergyWise's management interfaces allow facilities and network management applications to communicate with endpoints and each other using the network as a unifying fabric. The management interface uses standard SNMP or SSL to integrate Cisco and third-party management systems.

Cisco EnergyWise extends the network as a platform for the power control plane for gathering, managing, and reducing power consumption of all devices, resulting in companywide optimized power delivery and reduced energy costs.

Primary Features and Benefits

Ease of Use: "Plug-and-Play" Configuration

A working stack is self-managing and self-configuring. When switches are added or removed, the master switch automatically loads the Cisco IOS® Software revision running on the stack to the new switch, loads the global configuration parameters, and updates all the routing tables to reflect changes. Upgrades are applied universally and simultaneously to all members of the stack.

The Cisco Catalyst 3750 Series stacks up to nine switches as a single logical unit for a total of 468 Ethernet or PoE 10/100 ports, or 468 Ethernet 10/100/1000 ports or PoE 10/100/1000 ports, or nine 10 Gigabit Ethernet ports. Additional port combinations can be created by connecting the

Return on Investment Through Lower Operations Costs

The automatic Cisco IOS Software version checking and loading of the global configuration parameters provide the first level of operational time saving. The second level is added during the event of an outage. When you remove a troubled switch from an existing stack of switches and replace it with another switch, the master switch will recognize this as a maintenance outage and automatically reload the port-level configuration that was on the previous switch without user intervention. This allows IT managers to have local personnel in remote locations perform maintenance tasks instead of sending costly technicians out for a few minutes of work, thus saving thousands of dollars in operational costs.

Mix-and-Match Switch Types: Pay as You Expand Your Network

Stacks can be created with any combination of Cisco Catalyst 3750 and Cisco Catalyst 3750-E switches. Customers who need a mixture of 10/100 and 10/100/1000 ports, PoE, and wiring-closet aggregation capability can incrementally develop the access environment, paying only for what they need. When uplink capacity needs to be increased, you can easily upgrade your bandwidth by adding a 10 Gigabit Ethernet version to the stack and upgrade your Gigabit Ethernet links with 10 Gigabit Ethernet on the existing fiber.

Integrated Wireless LAN Controller

The Cisco Catalyst 3750G Integrated Wireless LAN Controller integrates wireless LAN controller functions into the Cisco Catalyst 3750G Series Switches and delivers improved operating efficiency and WLAN security, mobility, and ease of use for business-critical wireless LANs. The Cisco Catalyst 3750G Integrated Wireless LAN Controller delivers centralized security policies, wireless intrusion prevention system (IPS) capabilities, award-winning RF management, QoS, and Layer 3 fast secure roaming for WLANs. As a core component of the Cisco Unified Wireless Network, the Cisco Catalyst 3750G Integrated Wireless LAN Controller provides the control, security, redundancy, and reliability that network managers need to scale and manage their wireless networks as easily as they scale and manage their traditional wired networks.

Availability: Uninterrupted Performance at Layer 2 and Layer 3

The Cisco Catalyst 3750 Series increases availability for stackable switches. Each switch can operate as both a master controller and a forwarding processor. Each switch in the stack can serve as a master, creating a 1:N availability scheme for network control. In the unlikely event of a single unit failure, all other units continue to forward traffic and maintain operation.

Smart Multicast: A New Level of Efficiency for Converged Networks

With Cisco StackWise technology, the Cisco Catalyst 3750 Series offers greater efficiency for multicast applications such as video. Each data packet is put onto the backplane only once, which provides more effective support for more data streams.

Superior Quality of Service Across the Stack and at Wire Speed

The Cisco Catalyst 3750-E and 3750 Series offer Gigabit and 10 Gigabit Ethernet speed with intelligent services that keep everything flowing smoothly, even at 10 times the normal network speed. Mechanisms for marking, classification, and scheduling deliver best-in-class performance for data, voice, and video traffic, all at wire speed.

Network Security: Granular Control for the Access Environment

The Cisco Catalyst 3750 Series supports a comprehensive set of security features for connectivity and access control, including ACLs, authentication, port-level security, and identity-based network

services with 802.1x and extensions. This set of comprehensive features not only helps prevent external attacks, but also defends the network against "man-in-the-middle" attacks, a primary concern in today's business environment.

Single IP Management: Many Switches, One Address

Each Cisco Catalyst 3750 Series switch is managed as a single object and has a single IP address. Single IP management is supported for activities such as fault detection, VLAN creation and modification, network security, and QoS controls.

Jumbo Frames: Support for High-Demand Applications

The Cisco Catalyst 3750 Series supports jumbo frames on the 10/100/1000 configurations for advanced data and video applications requiring very large frames. All Cisco Catalyst 3750-E Series switch models also support jumbo frames.

IPv6 Support

The Cisco Catalyst 3750 Series supports IPv6 routing in hardware for maximum performance. As network devices grow and the need for larger addressing and higher security becomes critical, the Cisco Catalyst 3750 Series will be ready to meet the requirement.

Standard PoE Support: Graceful Addition of IP Communications

The Cisco Catalyst 3750 and 3750G PoE models support Cisco IP phones and Cisco Aironet[®] wireless LAN (WLAN) access points, as well as any IEEE 802.3af-compliant end device. The Cisco Catalyst 3750 and 3750G 24-port versions can support 24 simultaneous full-powered PoE ports at 15.4W for maximum powered device support. The 48-port versions can deliver the necessary power to support 24 ports at 15.4W, 48 ports at 7.7W, or any combination in between.

10 Gigabit Ethernet Support: Increased Uplink Bandwidth for Gigabit Ethernet Deployments

The Cisco Catalyst 3750 Series allows network managers to incrementally add IEEE 802.3ae-compliant 10 Gigabit Ethernet connectivity in their wiring closets or grid clusters, further facilitating and enhancing Gigabit Ethernet networks. This provides investment protection to customers who want to use their existing fiber plant, add uplink bandwidth capacity to their switching stacks, and provide higher performance to applications and users. The Cisco Catalyst 3750-E Series offers an even greater variety of 10 Gigabit Ethernet port configuration switches.

Management Options

The Cisco Catalyst 3750 Series (Figure 5) offers both a superior command-line interface (CLI) for detailed configuration and Cisco Network Assistant Software, a Web-based tool for quick configuration based on preset templates. In addition, CiscoWorks supports the Cisco Catalyst 3750 Series for networkwide management. Table 1 lists the features and benefits of the Cisco Catalyst 3750 Series.

Antena de microondas Ubiquiti – AirFiber AF5U



airFiber 5

5 GHz Point to Point
1.0+ Gbps Radio

Models: AF5, AFSU

USER GUIDE

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
 Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática

airFiber® AFS/AFSU User Guide

Appendix A: Specifications

Appendix A: Specifications

airFiber AFS/AFSU	
Operating Frequency	
AFS	5470 - 5600 MHz, 5650 - 5850 MHz
FCC 15.247, 15.407, IC RSS 210	5470 - 5875 MHz
ETSI EN 301 893, EN 302 502	5470 - 5950 MHz
Other Regions	
AFSU	5725 - 5850 MHz
FCC 15.247, IC RSS 211	5725 - 5875 MHz
ETSI EN 302 502	5725 - 6200 MHz
Other Regions	
Dimensions	938.4 x 468.4 x 281.4 mm (36.94 x 18.44 x 11.08 in.)
Weight	
Mount Not Included	11.5 kg (25.35 lb)
Mount Included	16 kg (35.27 lb)
Max. Power Consumption	40 W
Power Supply	50V, 1.2A PoE GigE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet (42-58VDC)
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Pole Mount Kit (Included)
Wind Load	863 N @ 200 km/hr (194 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/hr (125 mph)
Operating Temperature	-40 to 55°C (-40 to 131°F)
LEDs	(12) Status LEDs: Data Port Link/Activity Data Port Speed Management Port Link/Activity Management Port Speed GPS System Status Master/Slave Link Status Modulation Mode (0.25x to 4x, 6x, 8x, Overload) Remote and Local Displays (Calibrated Signal Strength)
Interface	
Data Port	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Management Port	(1) 10/100 Ethernet Port
Auxiliary Port	(1) RJ-12, Alignment Test Port
System	
Maximum Throughput	1.0+ Gbps
Maximum Range	100+ km (62.14+ mi) (Dependent on Regulatory Region)
Packets per Second	1+ Million
Encryption	128-Bit AES
Forward Error Correction	164/205
Cyclic Prefix	1/16 Fixed
Uplink/Downlink Ratio	50% Fixed
Radio Frame Synchronization	GPS
Dynamic Frequency Selection	
AFS	CE, FCC/AC
AFSU	CE, (FCC/AC Not Applicable)

Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación
 Ingeniería técnica de telecomunicación especialidad telemática

airFiber® AFS/AFSU User Guide

Appendix A: Specifications

airFiber AFS/AFSU Receive Sensitivity							
Spatial Streams	Modulation	Sensitivity (10 MHz)	Sensitivity (20 MHz)	Sensitivity (40 MHz)	Sensitivity (50 MHz)	FDD Capacity*	TDD Capacity*
8x	256QAM	-70 dBm	-67 dBm	-65 dBm	-64 dBm	1024 Mbps	512 Mbps
6x	64QAM	-77 dBm	-74 dBm	-72 dBm	-71 dBm	768 Mbps	384 Mbps
4x	16QAM MIMO	-84 dBm	-81 dBm	-79 dBm	-78 dBm	512 Mbps	256 Mbps
2x	QPSK MIMO	-90 dBm	-87 dBm	-85 dBm	-84 dBm	256 Mbps	128 Mbps
1x	1/2 Rate QPSK xRT**	-93 dBm	-90 dBm	-88 dBm	-87 dBm	128 Mbps	64 Mbps
1x	1/4 Rate QPSK xRT	-95 dBm	-93 dBm	-92 dBm	-91 dBm	32 Mbps	16 Mbps

* FDD = (2.50 MHz/channel) x 4 x 2 TDD = (11.50 MHz/channel) x 4
 ** Extreme Range Technology

airFiber AFS/AFSU Radio Frequency	
GPS	GPS Clock Synchronization
Transceiver	
ERP	-50 dBm (Dependent on Regulatory Region and Frequency Band)
Frequency Accuracy	±2.5 ppm without GPS Synchronization ±0.2 ppm with GPS Synchronization
Channel Bandwidth	10, 20, 40, or 50 MHz
Modulation	256QAM MIMO 64QAM MIMO 16QAM MIMO QPSK MIMO 1/2 Rate QPSK xRT 1/4 Rate QPSK xRT
Integrated Split Antenna	
TX Gain	23 dBi
RX Gain	23 dBi
Beamwidth	6°
Front-to-Back Ratio	70 dB
Polarity	Dual-Slant Polarization
Cross-Polarization Isolation	> 28 dB