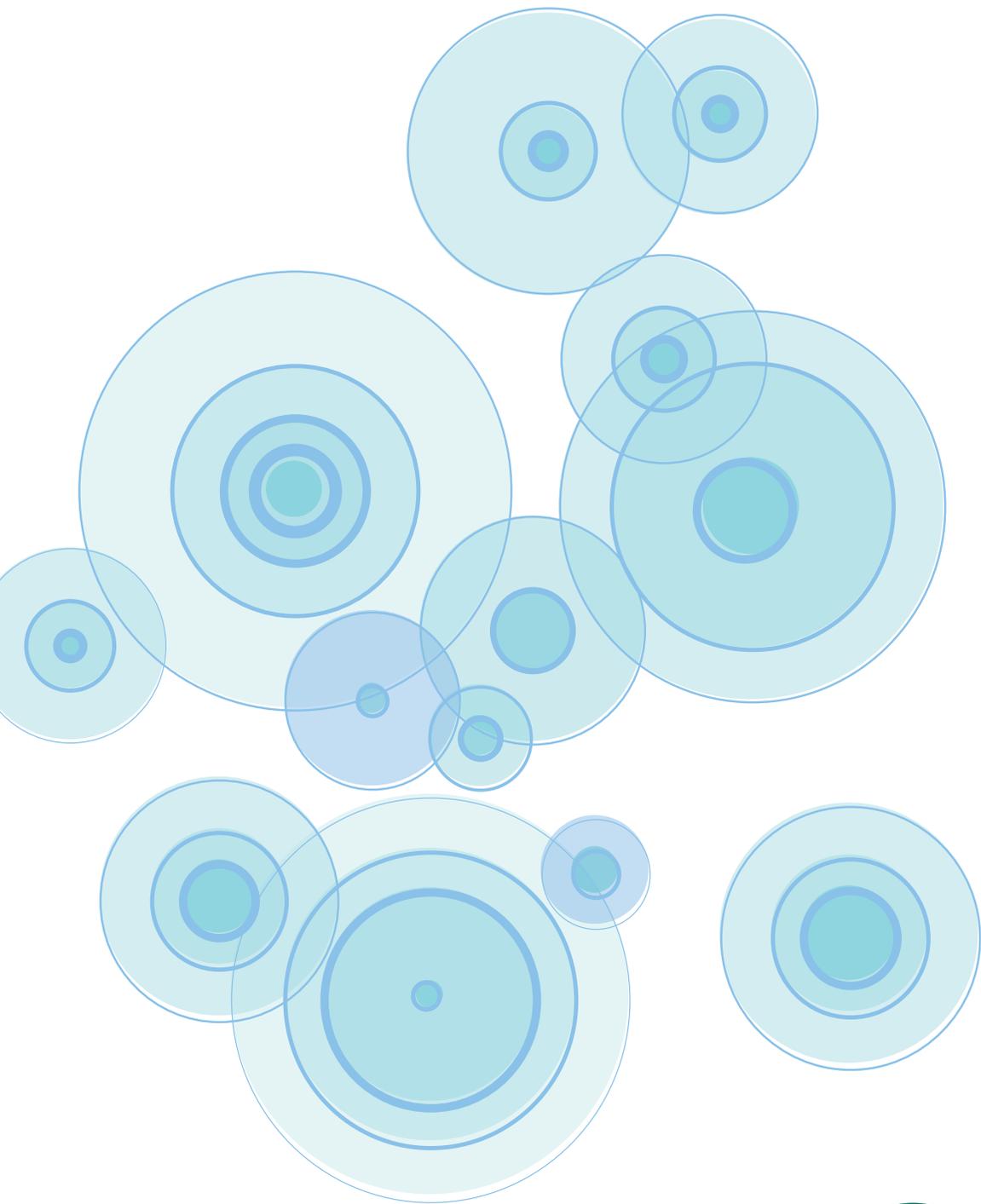


LIBRO BLANCO DE BUENAS PRÁCTICAS  
PARA EL DESPLIEGUE DE  
REDES INALÁMBRICAS  
DE BANDA ANCHA  
EN MUNICIPIOS DE ANDALUCÍA



LIBRO BLANCO DE BUENAS PRÁCTICAS  
PARA EL DESPLIEGUE DE  
REDES INALÁMBRICAS  
DE BANDA ANCHA  
EN MUNICIPIOS DE ANDALUCÍA

**Se autoriza la copia y distribución sin ánimo de lucro de este libro. Asimismo, las copias deberán citar expresamente el nombre de los autores y de la obra de la que forman parte, incluyendo esta advertencia. No se autoriza modificación o transformación del texto sin consentimiento de los autores.**

**Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. 2007**  
**Junta de Andalucía**

**Dirección:** Juan Carlos Expósito Pérez

**Coordinación:** Manuel Ortigosa Brun

**Autores:** Fernando Ferrero Álvarez-Rementería y Gabriel Ángel de la Cuesta Padilla

**Colaboración:** Libera Networks

**Diseño y Maquetación:** Habermas Comunicación

Impreso en Sevilla. España.

**Depósito legal:**

# Agradecimientos

La Dirección General de Infraestructuras y Servicios Tecnológicos de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía quiere agradecer la inestimable colaboración en la elaboración de este libro blanco del Excmo. Ayuntamiento de Antequera, del Excmo. Ayuntamiento de Ronda, del Excmo. Ayuntamiento de Avilés, y muy especialmente, de D. Antonio Elías Fusté, Consejero de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT).



# Presentación

En una sociedad en la que la información y el conocimiento se han convertido en el principal factor productivo, todos los esfuerzos que se realicen serán pocos para afrontar la amenaza de quedar excluido del nuevo statu quo que crea Internet y el acceso al conocimiento globalizado en un proceso de continuo cambio.

La Junta de Andalucía se propone llevar adelante el Plan Andalucía Sociedad de la Información como un enfoque global, integrado y coherente, no sólo del gobierno autónomo, sino del conjunto de agentes económicos, sociales e institucionales que comparten los objetivos estratégicos inherentes al mismo, convirtiéndolo así en un instrumento para que la Comunidad Autónoma de Andalucía alcance el nivel de desarrollo perseguido en el contexto de la Sociedad de la Información y el Conocimiento.

En este sentido, el avance hacia el acceso ubicuo a las Redes de Banda Ancha se perfila como uno de los objetivos perseguidos en este Plan, en el Área de Infraestructuras, concretándose en varias medidas, entre las que cabría destacar la siguiente:

"Impulsar los sistemas de acceso inalámbrico de uso común, tanto los que proporcionan un servicio al público, en los que se seguirán las recomendaciones de la CMT, como los de uso particular o comunitario. La finalidad que se busca es la de ampliar la oferta de accesos disponibles e impulsar la creación de servicios que hagan uso de las ventajas de estas tecnologías".

Enmarcado en este contexto y con el objetivo fundamental de facilitar la instalación de las redes inalámbricas de Banda Ancha en los municipios de Andalucía, este libro pretende constituirse en una guía de referencia para los posibles promotores de una red de este tipo, ofreciendo al lector una revisión exhaustiva de la normativa aplicable a estas redes, las diferentes tecnologías que se pueden utilizar, el proceso a seguir para el establecimiento de la red y, finalmente, varios casos prácticos reales para una mejor comprensión del tema.

Esperamos haber conseguido nuestro objetivo y que este libro sea de utilidad.

Pilar Rodríguez López  
Secretaría General de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información  
Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa  
Junta de Andalucía





LIBRO BLANCO DE BUENAS PRÁCTICAS  
PARA EL DESPLIEGUE DE  
REDES INALÁMBRICAS  
DE BANDA ANCHA  
EN MUNICIPIOS DE ANDALUCÍA



# Prólogo

## Prólogo

En la primera década del siglo XXI está aconteciendo, y de forma acelerada, un gran cambio social. Estamos en plena transición de la conocida como "Sociedad Industrial" (llamada postindustrial en su ocaso) a la actualmente denominada "Sociedad de la Información", y es de prever que la evolución y los cambios sociales organizativos que el modelo de Sociedad Industrial representó en el último siglo y medio, también los va a disponer esta nueva organización social, la "Sociedad de la Información", sólo que, en su total implantación no se va a tardar 150 años sino solamente un par de décadas.

De la misma forma que la imprenta potenció primero el "Renacimiento" y luego la "Ilustración", la tecnología de la "máquina de vapor" fomentó la aparición de la "Sociedad Industrial", ahora son las actuales "Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC)" las que están propiciando el paso a la "Sociedad de la Información". Nunca como ahora se había dado una capacidad tan grande de transmitir, recibir, procesar, confeccionar, distribuir, guardar... información. La información, aparte de ser la base del conocimiento, ha pasado a ser un bien económico esencial, el generador del bienestar en un escenario económico nuevo. Un entorno económico que genera riqueza a través de la invención y la innovación, basado en el conocimiento, su creación, difusión y aplicación, cuyo desarrollo precisa del acceso de todos los sectores sociales y económicos a los nuevos conocimientos adquiridos por el intercambio de cantidades masivas de información (a velocidades lo más altas posible), y cuya plasmación en valores económicos, tanto en servicios como en producción, diseño, fabricación, ventas, distribución, también requiere excelentes infraestructuras, sistemas y servicios de telecomunicación.

Ante este escenario de alcance mundial, es lógico que junto con el avistamiento de posibilidades se despierten inquietudes y preocupaciones. Resulta evidente que para ser de los primeros actores en este imparable acontecimiento, necesitamos excelentes servicios de telecomunicación, se hacen imprescindibles, por tanto, las infraestructuras (las redes) que los sustentan.

España forma parte de la Unión Europea, y en este espacio soberano común, se ha optado por la economía de mercado. Los servicios de telecomunicación han dejado de ser servicios públicos para pasar a ser servicios de interés general prestados en régimen de competencia. Solamente el llamado "Servicio Universal", conjunto de prestaciones mínimas imprescindibles para cualquier ciudadano, es considerado un servicio público. No obstante, en geografías amplias y heterogéneas, no es difícil constatar que el mercado no satisface por completo las expectativas de los ciudadanos. De hecho, hay mercado, y por ende competencia, en las zonas que o bien ya han sobrepasado un determinado umbral económico, o bien ya disponen de una infraestructura de red suficiente para iniciar, por cualquiera de los métodos definidos por las directrices europeas, su explotación en régimen de competencia, y en general, estas dos premisas suelen coincidir en las mismas áreas geográficas.

Sucede que, como en todos los eventos provocados por los cambios tecnológicos, las desigualdades sociales y de desarrollo económico se hacen más evidentes, las transiciones tecnológicas suelen aumentar el contraste, no es que provoquen las diferencias sino que las subrayan. En esta transición hacia la "Sociedad de la Información", a estas diferencias se les ha puesto un nombre: "brecha digital". Cuando se habla de brecha es que ya existe, y aunque las anteriormente mencionadas TIC no la han provocado, sí que la han puesto de manifiesto en toda su evidencia, tanto que justamente han inducido la alerta y la decisión de aprovechar la implantación de las infraestructuras y servicios de la Sociedad de la Información para tratar de cerrar, o al menos reducir, todo el síndrome de diferencia social y de desigual desarrollo geográfico-económico que conocemos por lo que precisamente se intenta evitar, la "brecha digital".

Es bien sabido que el mercado (en competencia perfecta) es el mejor mecanismo para la obtención, de forma eficiente y sostenible, de los precios de los productos y servicios, pero no es menos cierto que este concepto de mercado ideal es un objetivo abstracto, inalcanzable. Es en el propósito de conseguir que acontezca la situación de mercado ideal que la economía de mercado va desarrollándose consiguiendo para los ciudadanos (usuarios o consumidores) mejores productos y servicios a precios cada vez más bajos. El negocio de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas es un negocio intensivo en capital y con tiempos de recuperación relativamente imprevisibles pues dependen de las cada vez más rápidas, evoluciones tecnológicas. Es por tanto un sector propicio a la aparición de monopolios u oligopolios, cosa que por otra parte es la aspiración legítima

de cualquier operador en cualquier mercado. Parece, en consecuencia, natural que el sistema de mercado no va a proporcionar, por sí mismo, servicios de comunicaciones electrónicas en todos los entornos socioeconómicos y geográficos posibles, sino solamente en aquellos en los que en un plazo de tiempo relativamente corto le permita amortizar las inversiones y obtener beneficios.

Conscientes de esta realidad, las Autoridades Comunitarias, en el redactado del Tratado de la Unión, en el artículo 82 propician la economía de mercado, y en el art. 86 prevén los mecanismos de excepción para toda aquella casuística en la que, por las razones que sean, el mercado no responde a la satisfacción de los ciudadanos. Estos principios del Tratado se han desarrollado luego en Directrices y Normativas que los distintos Estados de la Unión han ido incorporando a su legislación particular.

El libro que tenemos entre las manos es un compendio exhaustivo y escrupuloso de las herramientas y mecanismos con los que cualquier Administración Pública puede actuar en el sector de las comunicaciones electrónicas para fomentar el despliegue y uso de las redes y servicios de telecomunicación con el fin de incorporar a la comunidad o territorio que administra a la Sociedad de la Información.

Escrito en un lenguaje claro y perfectamente estructurado, desde el punto de vista normativo, el libro nos pormenoriza todos los pasos a seguir para compaginar la intervención de la Administración y las iniciativas privadas en un sector que se rige por la economía de mercado. Desde la óptica tecnológica y de la ingeniería de telecomunicación, el libro nos ofrece una amplia exposición de las tecnologías disponibles, de sus posibilidades y limitaciones, así como de la previsible evolución de cada tecnología. En este último aspecto destaca la profesionalidad de las soluciones y su realización.

El libro es, por tanto, un auténtico manual, y aunque por el título parezca centrado en las soluciones inalámbricas (radio), los conceptos normativos que detalla, sirven para cualquier tipo de solución tecnológica.

La Sociedad de la Información va a ser nuestro modelo social y económico, y dentro de este nuevo modelo de convivencia globalizado tenemos que mantener y hacer evolucionar nuestra cultura. Nunca como ahora las redes y servicios de telecomunicación nos habían permitido a todos una aportación tan activa en el proceso. Para ello no sólo tenemos que estar dispuestos todos a participar (fomento de la demanda) sino que debemos de contar con las infraestructuras necesarias (fomento de la oferta). Oferta y demanda no se pueden entender separadas, las Administraciones Públicas deben procurar la participación de sus comunidades fomentando la demanda y propiciando la oferta cuando la iniciativa privada no la satisface, aún corriendo el riesgo de que cuando hayan levantado suficiente demanda la iniciativa privada aparezca como competidora, pues en el fondo el día que eso ocurra querrá decir que el objetivo se ha alcanzado y que la llamada brecha digital se ha desvanecido.

Mi enhorabuena a los autores quienes han tomado la decisión de plasmar en este libro su conocimiento sobre el diseño y despliegue de redes por iniciativa de las Administraciones Públicas, respetando la regulación del sector.

Antoni Elias Fusté  
Consejero de la CMT (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones)

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>02</b>
1.1. Presentación y Objetivos	03
1.2. Enfoque	05
<b>2. Entorno actual</b>	<b>08</b>
2.1. Internet, la Sociedad de la Información y la brecha digital	09
2.1.1. Internet	09
2.1.2. La Sociedad de la Información	11
2.1.3. Brecha Digital	12
2.2. Estado del arte de la tecnología	14
2.2.1. Tecnologías cableadas de acceso a Internet	15
2.2.2. Tecnologías inalámbricas de acceso a Internet	19
2.3. Acceso a Internet de Banda Ancha para el usuario final	29
2.4. Prestación de servicio de acceso a Internet troncal	31
<b>3. Marco legal</b>	<b>34</b>
3.1. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT)	35
3.1.1. Conceptos	35
3.1.2. Funciones de la CMT	35
3.1.3. Recomendaciones de la CMT	36
3.1.4. La CMT como organismo regulador	39
3.2. Normativa específica redes inalámbricas	39
3.2.1. Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)	39
3.2.2. Real Decreto 1066/2001 de 28 de Septiembre	41
3.2.3. Normativas Locales	42
3.2.4. Legislación Europea	43
3.3. Otras disposiciones legales	43
<b>4. Buenas prácticas</b>	<b>46</b>
4.1. Despliegues con tecnologías inalámbricas	47
4.1.1. Red troncal	48
4.1.2. Red de Acceso	51
4.1.3. Centro de Gestión de Red	62
4.2. Caso práctico	63

4.3. Fases del proyecto	65
4.3.1. Definición de requisitos iniciales	66
4.3.2. Estudio de viabilidad	68
4.3.3. Búsqueda de financiación	75
4.3.4. Estudio de la licitación	75
4.3.5. Proyecto técnico	78
4.3.6. Construcción de la red	90
4.3.7. Explotación de la red	93
4.4. Procedimientos legales y administrativos	95
4.5. Plan de Negocio	97
4.5.1. Definiciones y Conceptos Básicos	97
4.5.2. Aplicación Práctica	99
4.6. Análisis de casos reales	103
4.6.1. Definición de requisitos	104
4.6.2. Estudio de viabilidad	107
4.6.3. Búsqueda de financiación	108
4.6.4. Estudio de la licitación	110
4.6.5. Proyecto Técnico	111
4.6.6. Construcción	115
4.6.7. Explotación	115
<b>5. Conclusiones</b>	<b>118</b>
<b>6. Glosario</b>	<b>122</b>
<b>7. Referencias bibliográficas</b>	<b>128</b>
<b>8. Enlaces de interés</b>	<b>132</b>
<b>9. Anexos</b>	<b>136</b>
9.1. Anexo 1: Alta como operador en la CMT	137
9.1.1. Documentación de la CMT	137
9.1.2. Ejemplo de notificación de operador	144
9.2. Anexo 2: Normas de utilización nacional	156
9.2.1. Nota de utilización nacional para la banda de 2.4 GHz (UN-85)	156
9.2.2. Nota de utilización nacional para la banda de 5 GHz (UN-128)	156



# 1

## Introducción

1.1. Presentación y Objetivos

03

1.2. Enfoque

05

## 1. Introducción

**1.1. Presentación y Objetivos.** En los últimos años, junto al desarrollo sin precedentes de la telefonía móvil, hemos vivido a través de Internet una de las grandes revoluciones hacia la "Sociedad de la Información", debido al crecimiento exponencial de riqueza de contenidos que ha propiciado el servicio World Wide Web (WWW). Esto ha sido posible fundamentalmente gracias al aumento del ancho de banda de las infraestructuras que soportan dichos servicios.

La llegada del acceso a Internet de "banda ancha" hasta pymes y usuarios residenciales a precios razonables a través de infraestructuras inalámbricas, de ADSL y de cable ha supuesto un cambio profundo en los hábitos de vida de muchas personas, especialmente relevante en los segmentos más jóvenes de la población. Internet, utilizado de manera útil, es una herramienta muy potente que permite acceder a infinidad de datos, información multimedia en cualquier lugar del mundo, y en cualquier idioma, de manera sencilla e intuitiva. Y aunque la denominada "banda ancha" ha ido penetrando en las empresas y en los hogares españoles, con un esfuerzo importante por parte de todos los agentes involucrados, aún queda camino por recorrer según diferentes indicadores sobre el estado de la Sociedad de la Información.

En esta evolución, las tecnologías inalámbricas han experimentado un gran auge que se ha traducido en un abaratamiento de costes con el consecuente acercamiento al público en general. Este proceso se ha visto acompañado por el éxito de un estándar internacional desarrollado por el IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, asociación técnico-profesional dedicada a la estandarización, entre otras funciones), que ha favorecido su empuje. Se trata de las redes inalámbricas de área local o WLAN (Wireless Local Area Network), basadas en tecnología de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones de datos digitales de área local pensadas para bandas de uso común sin licencia<sup>1</sup>. El término WIFI (*Wireless Fidelity*), enormemente popularizado, surge como marca de certificación de conformidad con estándares y fuerte campaña de marketing liderada por la WECA, posteriormente WIFI Alliance, asociación que tiene como objetivo crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de los equipos, y que ha tenido tanto éxito, que ha sido un modelo adoptado también para WiMAX por el denominado WiMAX Forum.

Mediante estándares internacionales y logrando una armonización mundial del uso del espectro sin precedentes en el empleo de dispositivos WLAN en las bandas de uso común ISM<sup>2</sup> en 2,4 GHz, se desarrollaron dispositivos de coste asequible que permitían velocidades de red de área local, originalmente pensados para lo que se denomina SOHO (*Small Office Home Office*), es decir, para pequeñas redes de área local en el entorno residencial o pequeñas oficinas. Con gran éxito, se procedió a la continua mejora de los estándares, de la velocidad, de la seguridad (verdadero talón de Aquiles durante mucho tiempo), de la simplicidad (integración en portátiles con chipset Centrino y en Microsoft Windows con Wireless Zero Configuration), y con gamas de productos muy diferentes, desde los más asequibles hasta sistemas complejos integrados con wireless switch y puntos de acceso ligeros o tecnología mallada (mesh).

A partir de aquí, muchos empezaron a probar dispositivos WIFI, no sólo para distribuir la señal en casa o en una oficina, sino para despliegues exteriores en campus universitarios o para crear proveedores de acceso a Internet en pueblos y ciudades no suficientemente bien cubiertos por operadores tradicionales. Este fenómeno cobró relevancia en EE.UU., donde el regulador, la FCC

---

1. En el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) se denomina de USO COMÚN cuando el uso del espectro no es privativo, bien por parte de una empresa, por parte del Estado, o especial, debiendo en el primer caso pagar las tasas. En inglés se utilizan el término *unlicensed*.

2. ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. En la actualidad estas bandas han sido popularizadas por su uso en comunicaciones WLAN (e.g. WIFI) o WPAN (e.g. Bluetooth).

(*Federal Communications Commission*), permitió desde el comienzo niveles de potencia mayores que en Europa así como despliegues en exterior<sup>3</sup>. Muchos proyectos para dar acceso a Internet a poblaciones mediante WIFI partieron de iniciativas privadas de proveedores de acceso a Internet (ISPs) pero también bajo el paraguas de administraciones públicas, hasta ir convirtiéndose en lo que podemos considerar una moda o fenómeno. En España, la iniciativa llevada a cabo en la ciudad de Zamora llegó a recibir premios internacionales.

La tecnología WIFI no fue diseñada para despliegues exteriores sino para el mercado residencial y oficinas. Por tanto, se desarrolló para emplear hardware y protocolos sencillos, consiguiendo precios asequibles y facilidad de instalación. Además, para poder alcanzar un mercado global, era fundamental utilizar una banda de uso común sin licencia y se escogió la banda ISM de 2,4 GHz, disponible en todas partes del mundo y que se emplea en otras aplicaciones industriales, científicas y médicas. Sin embargo, el uso común implica que nadie puede quejarse si alguien cercano le interfiere empleando el mismo canal. De ahí que se limite la potencia. En España, en 2,4 GHz, la potencia está limitada a 100 mW - un teléfono móvil fácilmente emplea hasta 500 mW - lo que hace que el número de puntos de acceso o estaciones base que hay que desplegar en exterior para que llegue suficiente señal es enormemente elevado. Teniendo en cuenta el elevado coste de cada emplazamiento, hace que un proveedor de servicio piense inmediatamente en tecnologías radio más avanzadas como UMTS o LMDS y su evolución, WiMAX, para desplegar en bandas de uso privativo con licencia, donde el coste y la complejidad de los equipos de red es mucho mayor pero la inversión queda protegida pudiendo garantizar la calidad.

Sin embargo, **el fenómeno de Internet, de la "libertad", de poder comprar e instalar fácilmente un punto de acceso ha dado alas a los despliegues WIFI. Más aún cuando en España, la disponibilidad de banda ancha a precios razonables por parte de operadores de cable y ADSL ha sufrido retraso a la hora de salir de los núcleos metropolitanos hacia el mundo rural, en un país con una orografía complicada, donde gran parte de la población está concentrada en las ciudades y el modelo de negocio para llegar a muchos pueblos presenta números rojos. Con toda lógica y razón, los vecinos de estos núcleos rurales han pedido banda ancha a precios razonables y, a partir de 2003, algunas poblaciones se lanzaron a dar Internet gratis mediante redes WIFI.** Tras el fracaso de Zamora<sup>4</sup>, la intervención de la CMT, con polémicas sanciones a Atarfe (Granada) y a Ponteareas (Pontevedra), y, sobre todo, tras continuas decepciones en la calidad de ciertos despliegues WIFI, se observó durante un tiempo cierto retraimiento, y las inversiones y subvenciones a este tipo de proyectos descendieron claramente. Esto ayuda a clarificar lo que se puede y no se debe hacer, los equipos WIFI han mejorado su seguridad y prestaciones y, sobre todo, comenzaron a estar disponibles equipos denominados Pre-WiMAX, evoluciones de sistemas BWS (Broadband Wireless Systems) no actualizables a WiMAX en bandas de uso común sin licencia, permitiendo la construcción de troncales de cierta calidad para poder realizar despliegues rurales a costes asequibles.

Aún así, a día de hoy se sigue aprovechando el desconocimiento de la tecnología, de la legislación, la falta de inspecciones en bandas de uso común y la popularidad que suscita la implantación de acceso Internet inalámbrico a bajo precio o incluso gratuitamente, y continúan proliferando despliegues de redes inalámbricas municipales que en muchos casos no están planteados de manera rigurosa. Principalmente hay que llamar la atención sobre lo erróneo del concepto de "Internet gratis". Al final

---

3. En Europa durante un tiempo las condiciones fueron diferentes según el país. En algunos sólo se disponía de 2 canales (caso de España y Francia) mientras que en otros no se podía desplegar en exterior o era necesario una licencia para hacerlo.

4. En 2002 se instaló la primera ciudad wireless de España en Zamora. El proyecto fue un fracaso debido al uso de una tecnología aun inmadura, la falta de planificación y de un servicio de mantenimiento de la red adecuado. La red dejó de funcionar medio año después de ser inaugurada.

alguien está pagando y, en un sector de libre competencia como el de las telecomunicaciones, el sector público no debe realizar competencia desleal utilizando financiación pública para asegurar la viabilidad, sino que debe fomentar el despliegue por parte de los operadores y poner énfasis en aquellas zonas donde los operadores no pueden acudir por falta de rentabilidad.

**Es objetivo de este Libro Blanco informar, de la manera más sencilla posible, sobre buenas prácticas a la hora de afrontar este tipo de despliegues en nuestros municipios, que en muchos casos son interesantes y necesarios, para que se lleven a cabo con las máximas garantías, y no se acabe frustrando las expectativas de los usuarios o desperdiciando dinero público, simplemente porque no había detrás un proyecto realizado por profesionales o un estudio de viabilidad con valentía para decidir que, en esas condiciones y con la financiación disponible, no era posible llevarlo a cabo y se hacía necesario buscar otras alternativas.**

**1.2. Enfoque.** El presente Libro Blanco trata de ser práctico y dar respuesta a multitud de dudas que surgen al acometer este tipo de proyectos. Sin entrar a fondo en las diferentes tecnologías o legislación vigente y sin repetir aquello que ya se puede encontrar en otros manuales referenciados, se intenta clarificar de manera sencilla lo que deberían conocer los responsables de las Administraciones Públicas locales a la hora de plantearse un despliegue de red inalámbrica para proporcionar un servicio de acceso a Internet en su municipio.

En el capítulo dos se introduce el concepto de Internet y banda ancha, para posteriormente describir las diferentes tecnologías de acceso, haciendo hincapié en las tecnologías inalámbricas. También se ha considerado interesante añadir información sobre diferentes servicios de salida a Internet a los que conectar las redes inalámbricas municipales.

El capítulo tres aborda el marco normativo, aportando referencias y comentando los aspectos destacados sobre la legislación que se aplica a estos proyectos: por un lado, la correspondiente a regulación y competencia, cuya vigilancia corresponde al regulador, la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones, por otro lado, las correspondientes a la tecnología, esto es, la regulación del espectro según el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias y el Real Decreto que limita las emisiones radioeléctricas, así como referencias a otra reglamentación relevante.

El capítulo cuatro es el núcleo fundamental del documento, que desarrolla lo que se ha considerado un caso de buenas prácticas en todas sus fases, desde los requisitos iniciales hasta el plan de negocio, pasando por los diferentes escollos encontrados, y comparando finalmente con otros casos para mostrar que existen diferentes alternativas, en determinados aspectos mejores.

Finalmente, y tras las conclusiones, se aporta bibliografía y enlaces a sitios web que mantienen información permanentemente actualizada, así como un glosario de términos.





# 2

## Entorno actual

2.1. Internet, la Sociedad de la Información y la brecha digital	09
2.1.1. Internet	09
2.1.2. La Sociedad de la Información	11
2.1.3. Brecha digital	12
2.2. Estado del arte de la tecnología	14
2.2.1. Tecnologías cableadas de acceso a Internet	15
2.2.2. Tecnologías inalámbricas de acceso a Internet	19
2.3. Acceso a Internet de Banda Ancha para el usuario final	29
2.4. Prestación de servicio de acceso a Internet troncal	31

## 2. Entorno actual

### 2.1. Internet, la Sociedad de la Información y la brecha digital.

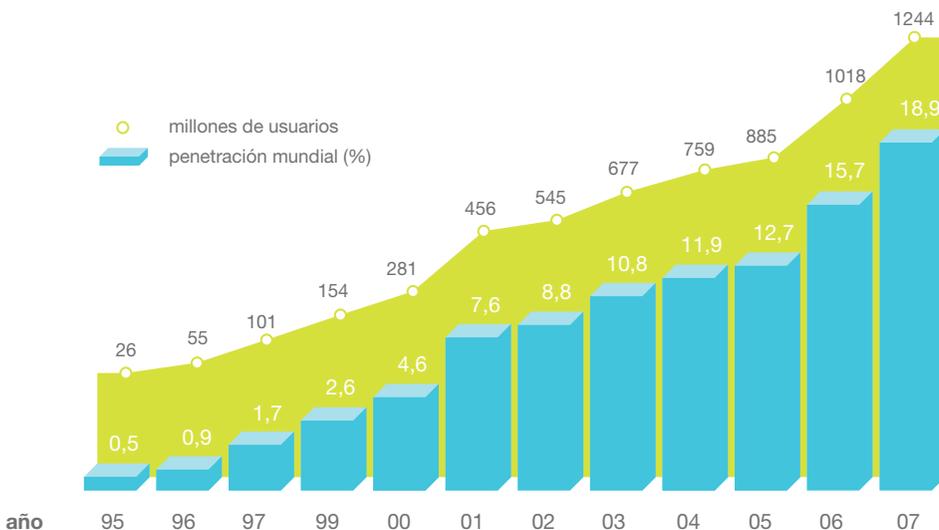
**2.1.1. Internet.** La definición más extendida de Internet, o red de redes, es aquella que describe a la misma como “una red mundial de ordenadores capaces de comunicarse entre ellos”. Desde los inicios de Internet a finales de los años 60 en EE.UU. hasta la aparición de las más recientes tecnologías inalámbricas, el concepto de Internet ha ido evolucionando en paralelo a la tecnología.

Para algunos gurús de la informática, “Internet es una red de comunicación en la que no se sabe cómo se transmite el mensaje, y por tanto nadie puede pararlo, ni siquiera una bomba atómica... la red no es en absoluto caótica, sino que por el contrario funciona muy bien; a la que también habría que sumarle otra ventaja, y es que nadie manda en Internet, lo que hace posible que nadie corte su funcionamiento”<sup>5</sup>. Otros estudiosos del fenómeno Internet coinciden en que la red, al no encontrarse bajo ninguna autoridad, ni control, facilita la libertad de expresión entre sus usuarios. La aparición de tecnologías inalámbricas ha permitido que el acceso a la red de redes no tenga que estar vinculado a un lugar físico, de esta forma esta ingente cantidad de información está pasando a estar siempre disponible, independientemente de variables físicas o temporales.

El 3 de enero de 2006 el número de usuarios de Internet en el mundo superó los 1.100 millones de personas. Un aumento de 133 millones con respecto al año anterior, lo que supone el mayor incremento desde el año 2000, dando como resultado un crecimiento global de usuarios de Internet de un 182% desde el año 2000 hasta 2005. Se prevé que en diez años, la cantidad de navegantes de la Red aumentará a 2.000 millones<sup>6</sup>.

#### Gráfico 1

Evolución mundial de usuarios de Internet.  
Fuente: Internet World Stats, 2006.



5. Artículo de Daniel Capella. Entrevista a Nicholas Negroponte. "WEB", n°5, abril 1996, p.19.

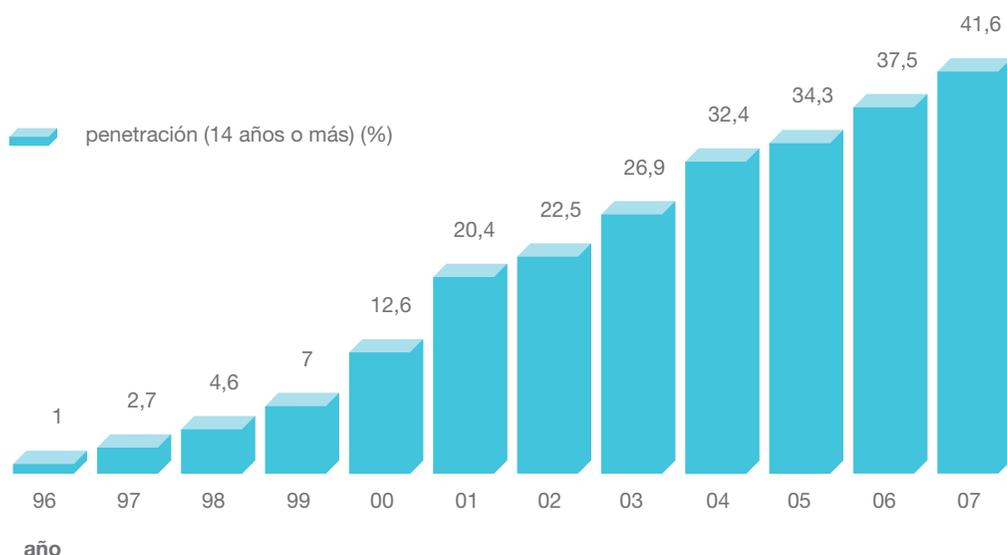
6. [www.bridges.org](http://www.bridges.org)

En España, la evolución ha seguido la dinámica mundial, y según los datos proporcionados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, el número total de líneas de banda ancha instaladas en el segundo semestre de 2006, era de casi 5 millones de hogares (el 33%)<sup>7</sup>.

## Gráfico 2

Evolución usuarios internet España.

Fuente: AIMC.



Desde el punto de vista de las tecnologías inalámbricas de acceso a Internet, sólo el 5,5% de los hogares españoles contaban en 2006<sup>8</sup> con equipamiento WIFI. El crecimiento de esta tecnología en el último año fue del 60%, lo que unido al abaratamiento de los dispositivos y la proliferación de puntos de acceso públicos promete un crecimiento similar en los próximos años.

Otra tecnología de acceso a Internet que ha sufrido un importante crecimiento desde su aparición ha sido UMTS. El hecho de que el móvil sea un equipamiento tecnológico que está presente casi en el 90% de la población ha facilitado este crecimiento, que en Andalucía se puede cifrar en torno al 5% de los accesos a Internet del total de la Comunidad Autónoma.

Se puede afirmar que el uso de Internet se va convirtiendo de forma gradual en una costumbre cada vez más difundida entre los españoles. Disponer de la posibilidad de acceder a Internet con movilidad lo facilita. Como ejemplo de este proceso, basta reseñar que, de acuerdo con el Anuario de Estadísticas Culturales de 2005 del Ministerio de Cultura, Internet y el tratamiento de información se han convertido en el segundo concepto de gasto cultural de los hogares españoles, sólo por detrás del gasto en publicaciones periódicas.

El cambio de hábitos y el uso generalizado de Internet hacen ver que la sociedad actual se encuentra dentro de una revolución a la que se ha denominado "Sociedad de la Información".

7. Fuente: Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares. Segundo semestre de 2006. INE.

8. Documento "SIE 2006. Selección de indicadores"

**2.1.2. La Sociedad de la Información.** El paso de una “Sociedad Industrial” a una “Sociedad de la Información” ya no es una perspectiva de futuro, sino una realidad. La llegada de esta última ya se ha producido y su evolución parece imparable. La existencia de una “Sociedad de la Información” conlleva la creación de un nuevo espacio social en el que interaccionan tres elementos que hasta el momento habían actuado de forma dispar en la sociedad: la información, la comunicación y las transacciones. Hasta ahora este tipo de interacciones se hacían en espacios separados e independientes y conducían a una determinada organización de la sociedad. Las novedades que aporta esta interacción son de tal envergadura que se están transformando los hábitos, las maneras de trabajar, de relacionarse, de vivir, de hecho, es una auténtica revolución social.

La Sociedad de la Información se está construyendo a través de la evolución y el desarrollo de las telecomunicaciones, fundamentalmente a partir del gran salto que ha supuesto el desarrollo de la electrónica digital y los ordenadores. Gracias al nuevo impulso que ha supuesto Internet y a la aparición de tecnologías inalámbricas eficientes y económicas, la revolución social a la que se viene aludiendo ha adquirido un nuevo calibre. **La sociedad española se encuentra en un proceso de transición, en el que se empieza a dejar de hablar de Internet como una herramienta tecnológica diseñada para comunicarse y buscar información general, y se comienza a utilizar el concepto de espacio virtual en el que se reproducen relaciones sociales complejas y en el que, frente a la bidireccionalidad característica de las relaciones en la concepción inicial de Internet, es posible una interacción simultánea entre múltiples usuarios.**

Los cambios sociales de las últimas décadas han favorecido un cambio de mentalidad que ha implicado un cambio en el paradigma de las relaciones entre las Administraciones Públicas y los ciudadanos. En este contexto, ha aparecido el concepto de Administración Digital, como respuesta de las Administraciones Públicas a las necesidades que plantea la “Sociedad de la información”. La administración digital tiene que entenderse como un mecanismo para aportar soluciones ágiles a las nuevas necesidades y demandas de los ciudadanos, con una actitud menos normativa y más proactiva. No es la ciudadanía quien hace lo que le dice la Administración sino que es la Administración la que presta los servicios que la ciudadanía requiere. De esta forma, el ciudadano deja de ser un objeto pasivo para convertirse, no sólo en propietario de la Administración, sino también en cliente de la misma, haciendo uso de sus correspondientes derechos y obligaciones como consumidor. El establecimiento de redes públicas inalámbricas puede favorecer esta interacción ciudadanía-Administración, al facilitar el acceso en ambos sentidos y permitir la aparición de nuevos servicios relacionados con la administración electrónica municipal, como las consultas de expedientes, el padrón, los tributos o el pago de tasas e impuestos on-line, la telefonía IP interna, la televigilancia y el telecontrol, la información medioambiental o estado de aparcamientos y tráfico son ejemplos de servicios disponibles a través de una Administración cada vez más digital.

Bajo el punto de vista de las Administraciones Locales esta nueva situación ofrece dos caras: por un lado, representa una oportunidad de desarrollo económico y social y, por otra, un riesgo importante en lo que concierne a la cohesión social y al equilibrio territorial. Las consecuencias que comporta una población sin formación ni posibilidades de acceso a las nuevas Tecnologías de la Información, imposibilitada por algún tipo de barrera, ya sea física, económica, cultural o política, así como las desventajas competitivas de un territorio sin las infraestructuras necesarias en materia de telecomunicaciones, tienen efectos muy negativos para cualquier territorio. Estas situaciones dan lugar a un nuevo concepto, la denominada “brecha digital”.

**2.1.3. Brecha digital.** Por “brecha digital o tecnológica” suele entenderse el desfase o retraso en el grado de desarrollo, penetración y uso de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones de un determinado colectivo social, que puede obedecer a diferentes razones: nivel adquisitivo, situación geográfica, sexo, minusvalía, etc. Esta sección se centrará en la brecha digital motivada por causas geográficas, en concreto, la causada por el diferente nivel de desarrollo en infraestructuras de telecomunicaciones en el entorno urbano y en el entorno rural. Asimismo, se analizará cómo las tecnologías inalámbricas pueden ayudar a mitigar los efectos negativos de la brecha digital y fomentar el desarrollo de aquellas zonas más deprimidas.

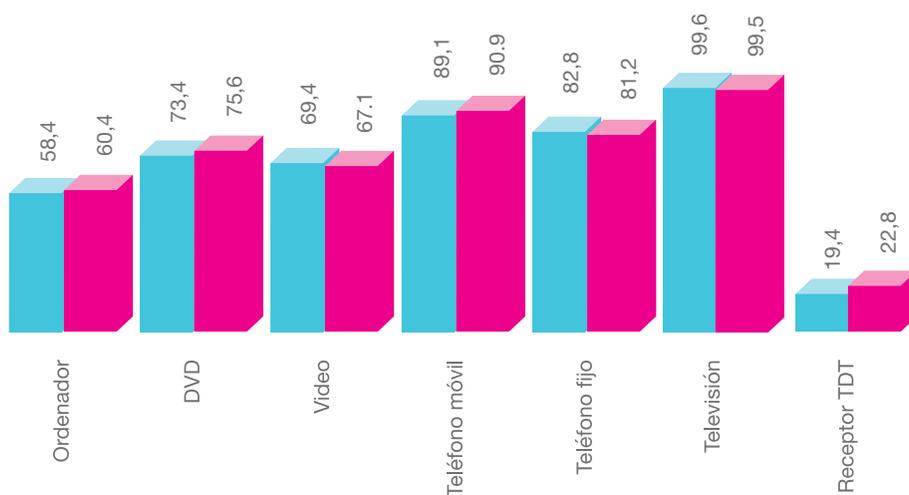
En la sociedad actual, el único parámetro que se puede considerar constante es el cambio. La falta de adaptación a los cambios que se producen en nuestro mundo ha provocado que en el pasado Andalucía no ocupara el papel que le correspondería por potencial. Así, para evitar los errores del pasado es importante anticiparse a los cambios y realizar políticas previsoras. Dentro de esta línea, se definió como una de las estrategias básicas de la Segunda Modernización de Andalucía<sup>9</sup> “garantizar el acceso a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación...” ya que se entiende que “es necesario impulsar la disposición de las nuevas tecnologías, de los ordenadores personales y de las conexiones a Internet”.

En las zonas rurales es donde se hace necesario centrar la expansión de la Sociedad de la Información para permitir la eliminación de la brecha digital. **El desarrollo de redes inalámbricas puede simplificar esta expansión, ya que permiten la interconexión de lugares distantes y de los usuarios a la red sin la necesidad de grandes obras civiles.**

### Gráfico 3

Porcentaje de hogares españoles con equipamiento TIC.  
Fuente: INE.

2º semestre 2006  
2007

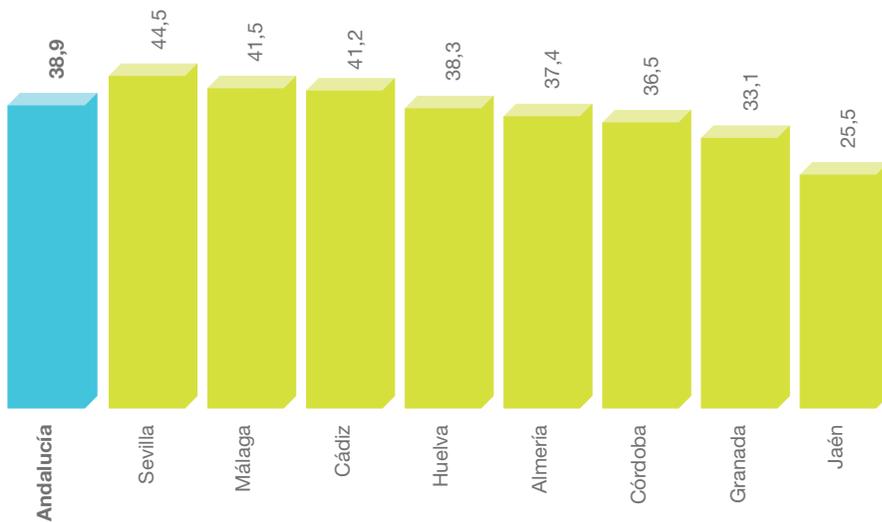


9. [www.andaluciajunta.es/segundamodernizacion](http://www.andaluciajunta.es/segundamodernizacion)

En las zonas rurales de Andalucía más de un 39% de los ciudadanos se declara usuarios de Internet en su vida cotidiana, y aproximadamente un 45% de esta población declara usar el ordenador de manera habitual<sup>10</sup>. Los motivos que provocan estos valores son una elevada analfabetización digital a causa de una falta de facilidad de acceso a los recursos de la Sociedad de la Información. La adopción de tecnologías inalámbricas baratas, como WIFI, junto con medidas dinamizadoras y formadoras puede ser un punto de partida para revertir esta situación.

#### Gráfico 4

Porcentaje de hogares andaluces con acceso a Internet.  
 Porcentajes calculados sobre el total de los hogares encuestados. Datos del 1º semestre de 2007 para el total de Andalucía y provincias.  
 Fuente: INE.



Si se analiza el uso de Internet según el tamaño de municipio, incluso los municipios de menor tamaño, los de menos de 10.000 habitantes, se han incorporado a la utilización de Internet, aunque en mucha menor medida que el resto de los municipios. Mientras que en los municipios de menor población el porcentaje de hogares andaluces que disponen de Internet no alcanza el 26%, en los municipios de mayor tamaño y con mayor facilidad de acceso este valor supera el 50%<sup>11</sup>. **Estos valores parecen indicar que la existencia de infraestructuras adecuadas es fundamental para la promoción del uso de las TIC, pues los beneficios de la Sociedad de la Información ya son conocidos por una parte importante de los ciudadanos.**

Por último reseñar que a partir de los datos publicados en el estudio “Andalucía ante la Sociedad de la Información”<sup>12</sup> se pueden definir las principales necesidades que presenta Andalucía en su transición hacia una Sociedad de la Información para todos:

- Necesidades de Andalucía ante la sociedad de la información.
- Ampliar el sector de producción de TIC en Andalucía.

10. Barómetro I@landalus 2007

11. Barómetro I@landalus, 2007

12. Estudio “Andalucía Sociedad de la Información”.

- Orientar el avance hacia las TIC más vinculadas al aparato productivo regional.
- Mejorar y ampliar la **infraestructura** para la utilización de las TIC.
- Promover una cultura familiarizada con el uso de TIC.

## 2.2. Estado del arte de la tecnología.

El concepto de banda ancha ha ido evolucionando con el paso de los años, siendo la acepción más aceptada hoy en día aquella que entiende la banda ancha como "un conjunto amplio de tecnologías que han sido desarrolladas para soportar la prestación de servicios interactivos innovadores, con la característica de "siempre en línea" (always on), permitiendo el uso simultáneo de servicios de voz y datos, y proporcionando unas velocidades de transmisión, que evolucionan con el tiempo, aunque superiores a 128 Kilobits por segundo (Kbps.)<sup>13</sup> en sentido descendente, hacia el usuario". Como curiosidad, a comienzos de 2007, uno de los países más avanzados del mundo en cuanto a redes de banda ancha, Corea del Sur, prohibió comercializar bajo el término banda ancha cualquier conexión por debajo de los 6 Megabits por segundo (Mbps).

Actualmente, las tecnologías utilizadas en el acceso a Internet de banda ancha se puede diferenciar entre aquellas que poseen una elevada implantación y éxito comercial, frente a otras que se encuentran en un estado de desarrollo insuficiente pero que pueden ser la base de las futuras redes de acceso.

Tecnologías de acceso a Internet de banda ancha en función del soporte físico de transmisión:

### 1. Tecnologías sobre Cable (wired):

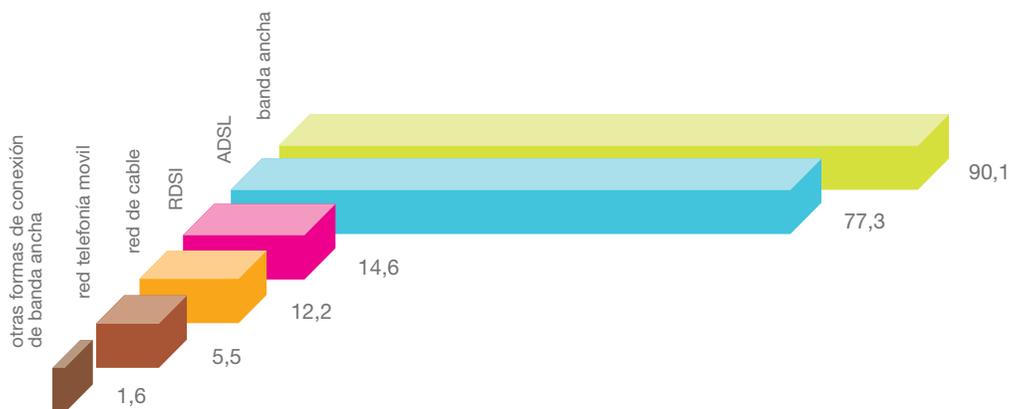
- Bucle digital de abonado (xDSL)
- Redes híbridas de fibra y cable (HFC)
- Red eléctrica (PLC)

### 2. Tecnologías Inalámbricas (wireless):

- Bucle local inalámbrico (WLL)
- Redes de acceso por satélite
- Redes de área local inalámbricas (WLAN)
- Tecnologías móviles

## Gráfico 5

Porcentaje de hogares andaluces con acceso a Internet según las principales tecnologías de acceso.  
Fuente: INE.



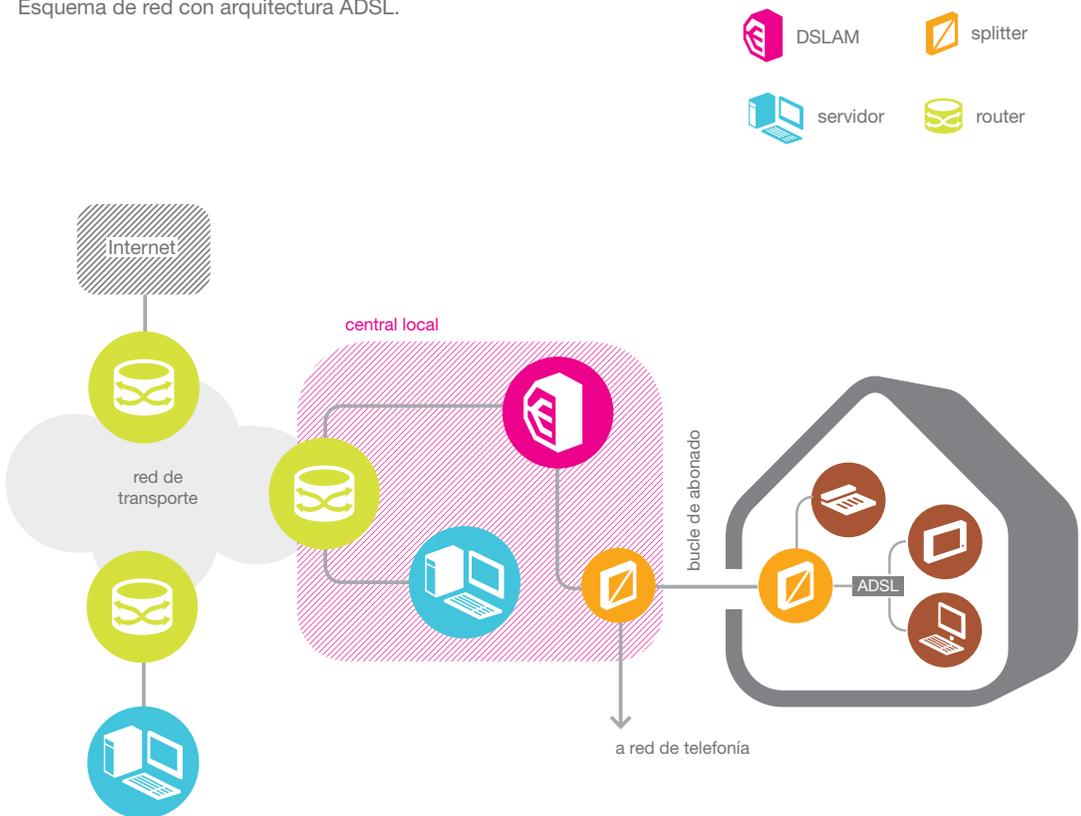
13. Se conoce como "banda estrecha" a las velocidades inferiores a 128 Kbps, pues era la velocidad máxima que se podía obtener uniendo dos canales B de una línea RDSI. Las velocidades superiores son las conocidas como "banda ancha".

### 2.2.1. Tecnologías cableadas de acceso a Internet.

**2.2.1.1.xDSL.** La familia de tecnologías xDSL es muy amplia con múltiples variantes que permiten diferentes velocidades y distancias de funcionamiento hasta la central telefónica: **ADSL, HDSL, SHDSL, VDSL, SDSL, IDSL y RADSL.** El factor común de todas ellas es el uso de modulaciones eficientes para alcanzar elevadas velocidades de transmisión sobre el par trenzado telefónico de cobre del teléfono tradicional.

**Gráfico 6**

Esquema de red con arquitectura ADSL.



**ADSL es la tecnología más común** y sus características principales son:

- Utiliza el par de cobre de la línea telefónica.
- Se pueden conseguir velocidades de transferencia de hasta 8 Mbps de bajada (hasta 20 Mbps con ADSL2 y ADSL2+).

- La velocidad de transmisión en ambos sentidos no es igual, siendo la velocidad de transmisión de bajada mayor que la de subida (asimétrico).
- **La velocidad de datos que puede proporcionar una conexión ADSL es inversamente proporcional a la distancia a la central telefónica. A mayor distancia, menor relación señal/ruido y por tanto menor ancho de banda. A cierta distancia máxima no es posible dar servicio, problema habitual en entornos rurales.**
- **El servicio de ADSL residencial no puede ser revendido, ni compartido con ánimo de lucro.**
- Cuando se realiza un contrato de acceso a Internet mediante ADSL el operador acuerda en el mismo un nivel de servicio (SLA, siglas en inglés, Service Level Agreement) de forma que éste sólo asegura un porcentaje de la velocidad contratada (generalmente el 10%). Este hecho se debe a que para aumentar la rentabilidad el operador realiza lo que se denomina *sobresuscripción* (esta práctica está extendida a la generalidad de las tecnologías existentes y no es exclusiva de ADSL). Esto quiere decir que el ancho de banda es compartido entre varios usuarios basándose en el hecho de que habitualmente no todos estarán conectados a la vez consumiendo el máximo ancho de banda. Como se ha comentado el grado de sobresuscripción suele ser de 1:10.
- La evolución que ha seguido esta tecnología se ha llamado ADSL2 y ADSL2+. Esta nueva generación aumenta el ancho de banda de bajada (hasta 20 Mbps) y permite una mayor velocidad en la subida y la bajada de datos, manteniendo el equipamiento de los operadores y posibilitando la oferta de nuevos servicios.
- Existe lo que se denomina ADSL rural, que es un servicio similar al ADSL habitual aunque con algunas restricciones.

- Ancho de banda hasta 4 Mbps (el servicio básico son 512 Kbps).
- Sólo se puede usar con tarifa plana.
- No disponible para RDSI.
- Instalable únicamente con microfiltros.

Está previsto que a lo largo de 2008 se empiece a dar servicio generalizado con tecnologías VDSL y VDSL2 capaces de proporcionar anchos de banda de hasta 100 Mbps.

**Ventajas:** Usa el bucle de abonado existente, tecnología muy extendida.

**Inconvenientes:** Limitación por distancia a central, necesita línea telefónica.

**Cobertura:** Amplia, incluso en muchas zonas rurales.

**Ancho de banda:** Acceso básico 1 Mbps, 512 Kbps en el caso de ADSL Rural.

**2.2.1.2. Cable o HFC.** Se conoce por “cable” al servicio para acceso a Internet por medio de fibra óptica y cable coaxial. Este tipo de despliegue apareció para la distribución de señales de televisión (CATV) y ha evolucionado para incluir la oferta de banda ancha.

Generalmente, las operadoras realizan un despliegue de fibra óptica como núcleo principal de su red, siendo el último tramo, el que llega hasta el usuario final, el que se realiza mediante cable coaxial.

Cuando apareció esta tecnología el ancho de banda que podía ofrecer era mucho mayor que cualquier otra disponible a un coste reducido. En muchos países europeos y en Estados Unidos ha tenido

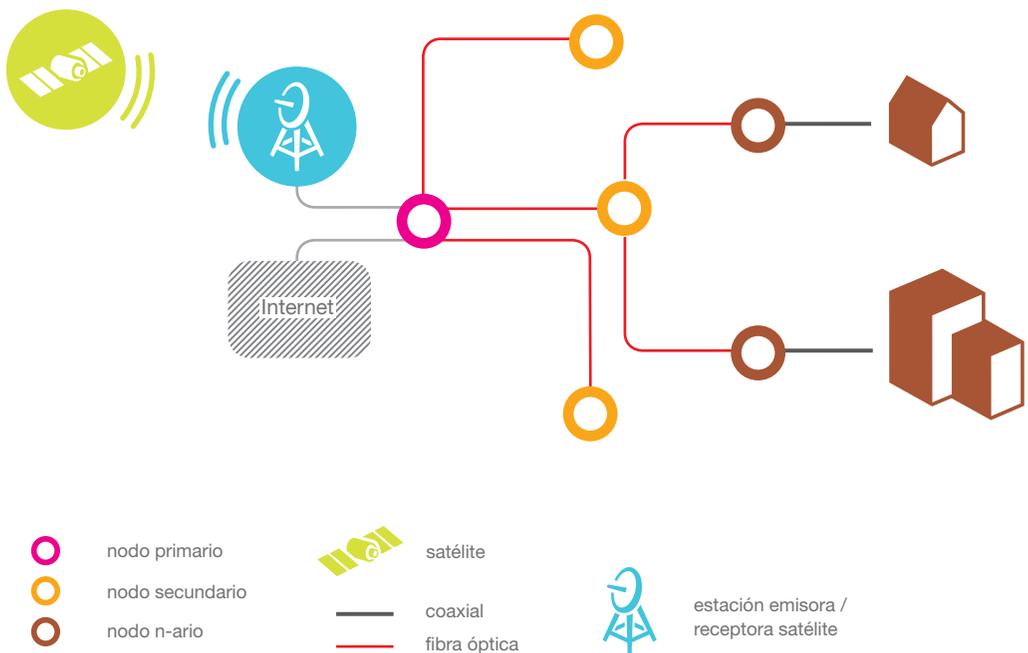
gran repercusión y un elevado porcentaje de usuarios están conectados a Internet usando cable. En España, sin embargo, el tardío despliegue de redes HFC coincidió con el despegue del ADSL, por lo que su penetración entre los usuarios ha sido sensiblemente inferior.

Las características principales de esta tecnología son:

- Necesita despliegue de cableado específico.
- Se pueden conseguir anchos de banda comparables a los de las últimas tecnologías ADSL (20Mbps del ADSL2+).
- Al igual que en el caso de ADSL, en esta tecnología también se utiliza sobreescripción y se garantiza sólo un porcentaje del ancho de banda total contratado.
- Asimétrico: el ancho de banda de bajada es superior al ancho de banda de subida.

### Gráfico 7

Esquema de red con arquitectura HFC.



**Ventajas:** Precio final. Anchos de banda elevados. No se necesita línea telefónica.

**Inconvenientes:** Necesita desplegar la red de acceso (costoso).

**Cobertura:** Reducida, sólo en municipios grandes.

**Ancho de banda:** Desde 1 Mbps.

**2.2.1.3. PLC (Power Line Communication).** El PLC es una tecnología que permite el acceso a banda ancha utilizando como red de transporte las líneas de distribución eléctrica. EL PLC utiliza alta frecuencia para transportar datos, voz y video sobre las líneas eléctricas que funcionan a baja frecuencia (50-60Hz), lo que evita las posibles interferencias.

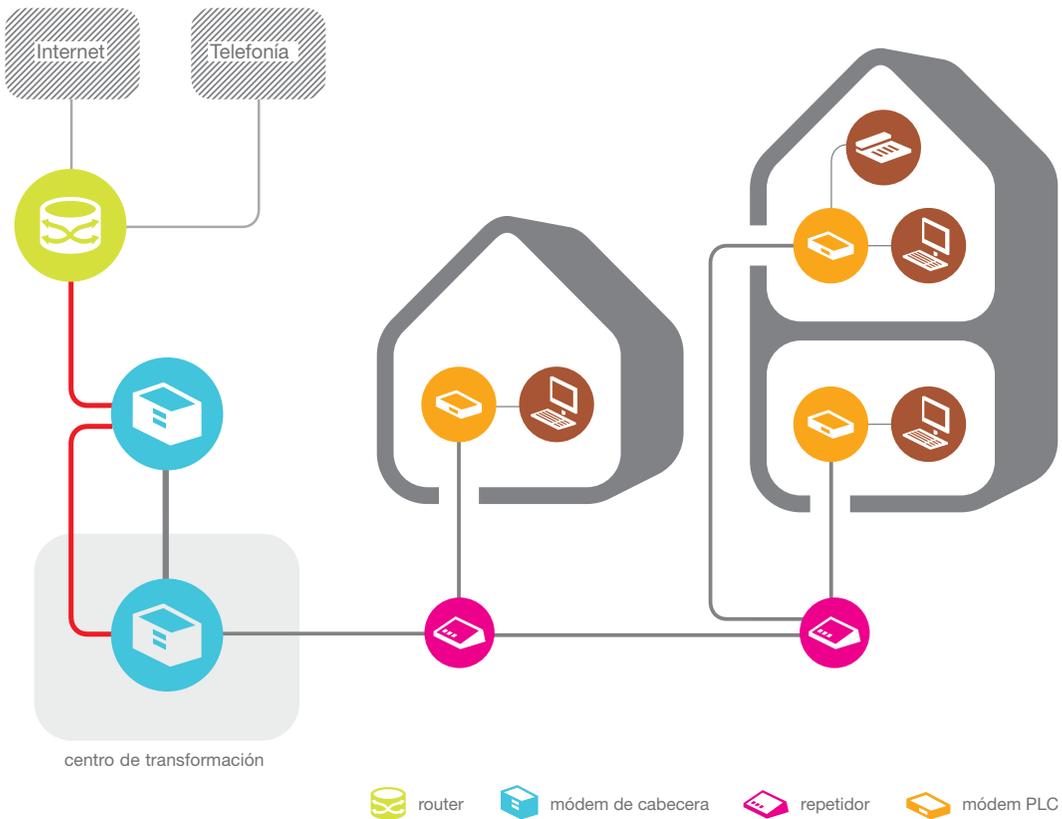
Este tipo de tecnología está en desarrollo pero tiene la ventaja de poder llegar a todos los usuarios que dispongan de servicio eléctrico sin despliegues adicionales. Sin embargo, la gran penetración de xDSL y del cable, así como cierta problemática en los estándares, han podido resultar clave en que no esté más extendida y muy probablemente sea su evolución, denominada PLC2 la que llegue al usuario final.

Los anchos de banda que se pueden conseguir con esta tecnología no son muy elevados, y al igual que se hace en el resto, también se realiza sobresuscripción.

**Gráfico 8**

Arquitectura HFC

- fibra óptica
- red eléctrica de media tensión (25 K voltios)
- red eléctrica de baja tensión (220 voltios)



**Ventajas:** Red acceso desplegada.

**Desventajas:** Problemas tecnológicos en la red (generación de interferencias).

**Cobertura:** Marginal. En Andalucía sólo en el municipio de Puerto Real.

**Ancho de banda:** Acceso básico 1 Mbps.

**2.2.2. Tecnologías inalámbricas de acceso a Internet.** La estandarización de las comunicaciones inalámbricas ha provocado una gran expansión en la utilización de dichas redes, ya que ha permitido que equipamiento de distintos fabricantes sean interoperables entre sí. Esto ha permitido que se hayan desarrollado muy rápidamente los productos, se hayan reducido los precios gracias al volumen, y en definitiva se haya generado un mercado muy dinámico. Existen diferentes grupos de trabajo y familias de estándares, que se suelen diferenciar unos de otros principalmente en el radio de acción de las redes inalámbricas y que se enumeran a continuación<sup>14</sup>:

• **Redes inalámbricas de área personal (WPAN):**

Distancia típica: Hasta 10m.

Familia estándares 802.15, destacando Bluetooth (802.15.1)

• **Redes inalámbricas de área local (WLAN):**

Distancia típica: Hasta 100m.

Familia estándares 802.11, destacando WIFI (802.11a/b/g)

• **Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN):**

Distancia típica: Hasta 10Km.

Familia estándares IEEE 802.16, destacando WiMAX (802.16-2004)

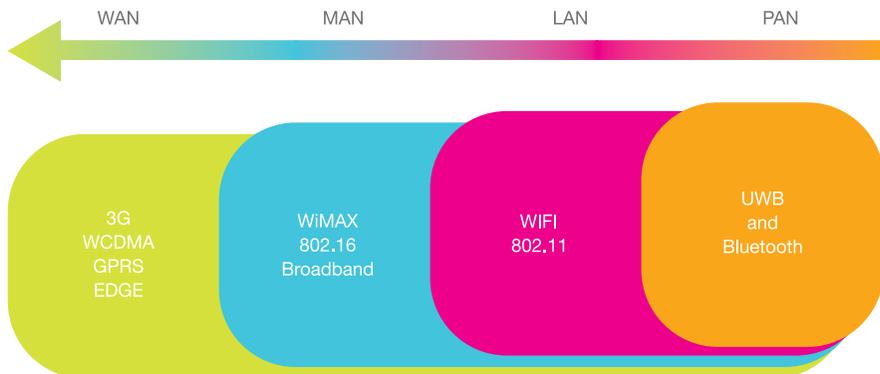
• **Redes inalámbricas de área extensa (WWAN):**

Distancia típica: Hasta 100Km.

Familia estándares IEEE 802.20.

**Gráfico 9**

Clasificación tecnologías inalámbricas según distancia.



14. [www.ieee.org](http://www.ieee.org)

**Las principales ventajas que presentan las redes inalámbricas son la flexibilidad, la escalabilidad y el bajo coste del despliegue (frente al alto coste de la obra civil en tecnologías cableadas).** Son flexibles ya que nos permiten interconectar ubicaciones difíciles de conectar de otra manera, y porque se pueden ajustar de manera más sencilla a los requerimientos que vengan impuestos. La escalabilidad hace referencia al hecho de que se pueden ir ampliando las cualidades de la red (cobertura y ancho de banda principalmente) sin un gran esfuerzo como el que requeriría una red cableada. Todas estas ventajas redundan en una ventaja crucial como es el coste.

También hay que tener en cuenta que no todo son ventajas en las redes inalámbricas. Los problemas que se presentan son los siguientes:

- **Seguridad:** El aire es un medio “no confinado” y esto conlleva que los datos transmitidos por él sean susceptibles de ser recibidos por cualquiera que tenga los medios adecuados. Este problema queda solventado gracias al desarrollo de mecanismos de seguridad (autenticación y encriptación) que hacen que estas redes sean seguras, siempre que estos mecanismos se implementen correctamente.
- **Interferencias:** Una vez más, el hecho de que el aire sea un medio no confinado, conlleva que todas las comunicaciones que se llevan a cabo a través de él puedan interferirse unas a otras. Esto se controla legislando el uso del espectro radioeléctrico, principalmente en lo que se refiere a la frecuencia utilizada y a la potencia que se puede usar para transmitir en dicha frecuencia.
- **Inestabilidad del medio físico:** La propagación electromagnética a través del aire es un fenómeno complejo. Elementos como las condiciones atmosféricas, presencia de ruido de fondo, interferencias no controladas y otras modificaciones del medio físico hacen que los resultados tengan una gran variabilidad, que en muchas ocasiones los usuarios no comprenden.
- **Velocidad de transmisión y retardos:** Las desventajas anteriores (interferencias, limitación del espectro e inestabilidad del medio físico) pueden hacer que se consigan velocidades de transmisión menores y retardos mayores frente a transmisiones cableadas. Aun así, los avances tecnológicos han permitido grandes mejoras en los últimos años.
- **Reticencia social:** Dificultades en el despliegue de los sistemas radiantes debido a la sensibilización social ante la instalación de nuevas antenas.

En un medio inalámbrico es importante diferenciar entre velocidad de transmisión o velocidad nominal del throughput y velocidad real. Así, cuando hablamos de velocidad de transmisión en el aire se incluye la información de usuario así como toda aquella información adicional para asegurar el intercambio fiable de información (protocolos, verificación errores, etc.). En la siguiente tabla se pueden comprobar las diferencias entre velocidad de transmisión o nominal, y velocidad real.

**Tabla 1**

Comparativa velocidad tecnologías inalámbricas

Tecnología	Velocidad nominal	Velocidad real
WIFI 802.11b	11 Mbps	~5,5 Mbps
WIFI 802.11g	54 Mbps	~24 Mbps

Tecnología	Velocidad nominal	Velocidad real
Pre-WiMAX	54 Mbps	~30 Mbps
WiMAX	75 Mbps	~40 Mbps

A continuación se comentan las tecnologías inalámbricas más destacadas. Es interesante apuntar que, tal y como sucede en las tecnologías cableadas, también se realiza sobresuscripción para dimensionar el ancho de banda total de la red.

**2.2.2.1.WLL (Bucle local inalámbrico).** El bucle local inalámbrico o WLL (Wireless Local Loop) es el resultado de la aplicación de las tecnologías inalámbricas a las redes fijas de telecomunicaciones. No son consideradas como redes de comunicaciones móviles, sino como redes de acceso inalámbricas fijas, donde el equipo del usuario final no tiene movilidad alguna, pero el acceso al servicio es inalámbrico.

Los sistemas LMDS (Local Multipoint Distribution Service) permiten un rápido despliegue en comparación con las tecnologías cableadas, a lo que se suma su carácter celular, que le dota de elevada escalabilidad. Proporciona velocidades de acceso simétricas y utiliza bandas con licencia del espectro radioeléctrico. La transición a los sistemas digitales ha conseguido la integración total de los servicios en el estándar de acceso fijo inalámbrico LMDS. En Europa, utiliza la banda de frecuencias de 3,5 GHz, que requiere de licencia.

En Andalucía, la cobertura con tecnología LMDS es amplia gracias al proyecto Mercurio.

La evolución de esta tecnología ha desembocado en la aparición del estándar 802.16-2004, también conocido como **WiMAX**. Las características principales de esta tecnología se resumen a continuación:

- Alcance de hasta 50 Km. con línea de visión directa, aunque no requiere obligatoriamente de la misma, y velocidades nominales de hasta 75 Mbps a repartir entre los clientes conectados a cada estación base.
- El ancho de banda disponible está limitado por la distancia entre usuario y operador.
- Despliegue sencillo y escalable.
- Utiliza mecanismos optimizados para la transmisión a través del interfaz aire.
- Existe una versión del estándar que permite la utilización de dispositivos móviles (802.16e).

**Ventajas:** Facilidad de despliegue de la red de acceso. Escalabilidad.

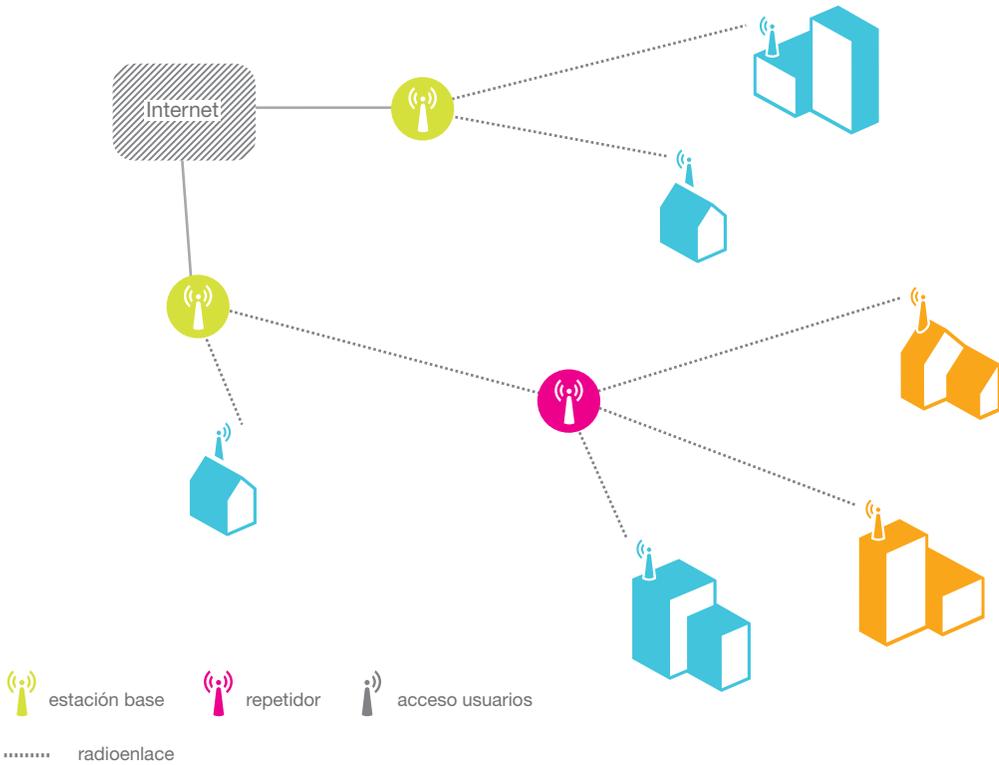
**Desventajas:** Interfaz aire (interferencias, num. usuarios simultáneos).

**Cobertura:** Variable. Principalmente en zonas rurales.

**Ancho de banda:** Acceso básico 512 Kbps.

### Gráfico 10

Esquema de red con arquitectura WMAN.



### Diferencias entre WiMAX y Pre-WiMAX

Antes de la aparición de los primeros equipos certificados por los laboratorios WiMAX homologados, los fabricantes han sacado al mercado versiones de equipos basados en el estándar conocido como Pre-WiMAX. Actualmente, la mayoría de los equipos de este tipo han pasado con éxito las certificaciones y están homologados como WiMAX, aunque siguen existiendo algunos equipos en esta fase.

Por otra parte, también se ha venido denominando Pre-WiMAX a otra familia de equipos denominados BWA (Broadband Wireless Access o Acceso de Banda Ancha Inalámbrico). Estos equipos usan protocolos propietarios resultantes del desarrollo de WiMAX pero tienen diferencias fundamentales con el estándar:

- WiMAX usa bandas con licencia (3,5 Ghz en Europa y 2,5 GHz en América) por lo que sólo operadores con licencia en esas bandas pueden adquirir equipos y desplegar una red WiMAX. Pre-WiMAX, sin embargo, utiliza bandas de uso común sin licencia, fundamentalmente en la subbanda de 5,4 – 5,7 GHz.
- WiMAX es un estándar, Pre-WiMAX no. Por lo tanto no es posible la interoperabilidad entre ambos, ni generalmente entre equipos Pre-WiMAX de fabricantes diferentes.
- El alcance máximo para dispositivos Pre-WiMAX que cumplan con la limitación de potencia impuesta en banda libre (1 W PIRE) está en torno a 18-20 Km. para enlaces punto a punto y en torno a 10-15 Km. para los enlaces multipunto.
- El estándar WiMAX incluye además como obligatorio la gestión del ancho de banda, el uso de prioridades por tipo de tráfico, soporte para VoIP y otros elementos que en los equipos Pre-WiMAX pueden o no estar implementados, dependiendo del fabricante.
- Por todo lo expuesto anteriormente, el equipamiento conocido como Pre-WiMAX no es actualizable a WiMAX.

A partir de este momento, cuando se hable de Pre-Wimax en el documento se estará haciendo referencia a este segundo grupo de equipos también conocidos como *BWA*.

**2.2.2.2. Tecnología Satélite.** Las comunicaciones vía satélite han resultado un elemento fundamental en el desarrollo de las comunicaciones y las tecnologías de la información como soporte universal para el intercambio y la difusión de la misma. El satélite al estar situado en una órbita exterior a la Tierra, posee algunas características que lo hace interesante para ciertos servicios de datos:

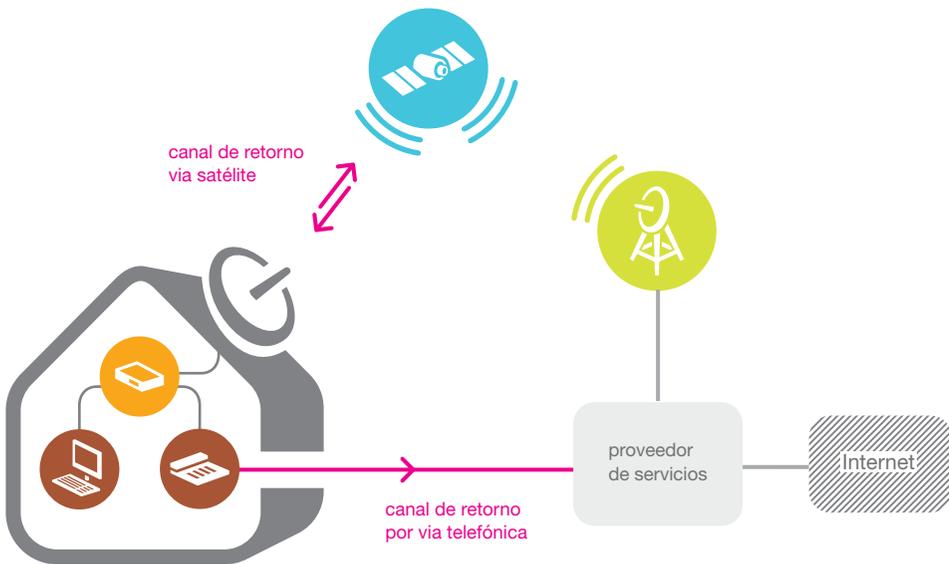
- Amplia cobertura geográfica; no le afectan las barreras naturales y geográficas; servicio disponible en zonas rurales o poco pobladas.
- Coste independiente de la distancia de transmisión.
- Capacidad de establecer enlaces multipunto.
- Un ancho de banda de bajada considerable.
- Un canal de retorno terrestre, por módem telefónico o por RDSI, posibilita prestar servicios interactivos. El canal de retorno, aunque más caro, puede ser también satélite para aquellos puntos en los que no exista línea fija o se desee una tasa de subida más elevada.

Sin embargo, su alto coste frente a otros sistemas y su alta latencia lo limitan como última opción cuando se habla de banda ancha residencial o para empresas. Además, tiene un grado de sobresubscripción mayor al del resto de tecnologías.

Se ha desarrollado un sistema completo basado en un método normalizado creado por el consorcio DVB (*Digital Video Broadcasting*) fundado en 1993, que define los estándares para TV digital y servicios de datos que se pueden proporcionar mediante comunicaciones vía satélite.

### Gráfico 11

Esquema de red con arquitectura satélite.



estación emisora/receptora satélite

estación emisora/receptora satélite de abonado



módem



satélite

**Ventajas:** Disponibilidad geográfica.

**Desventajas:** Precio, retardos, mayor sobresuscripción que en otras tecnologías.

**Cobertura:** Global.

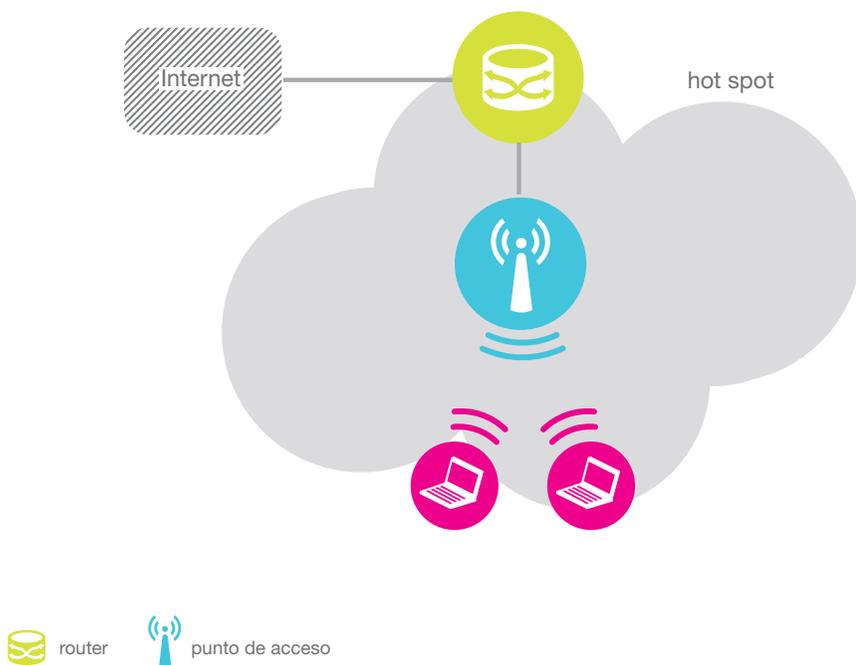
**Ancho de banda:** Acceso básico 256 Kbps.

**2.2.2.3. WLAN (Wireless Local Area Network).** Las redes LAN inalámbricas de alta velocidad (WLAN) ofrecen las ventajas de la conectividad de red sin las limitaciones que supone la interconexión física mediante cable. Si a ello unimos la rapidez en el desarrollo tecnológico en los últimos años gracias a la posibilidad de utilizar equipos en bandas de uso común, como la ISM (2,4 GHz) o la UNII (5 GHz), homogéneas en casi todo el mundo, y a la utilización de los estándares basados en IEEE 802.11 (también conocidos como WIFI), se consiguen prestaciones cada vez más interesantes con costes de instalación y, sobre todo, de operación reducidos. Estas redes proporcionan una solución de acceso y conectividad con velocidades de red local y permiten cierta movilidad de los clientes. A ello hay que añadirle la simplicidad y rapidez en la instalación, lo que reduce considerablemente la necesidad de desplegar cableado.

---

**Gráfico 12**

Esquema de red con arquitectura WLAN.



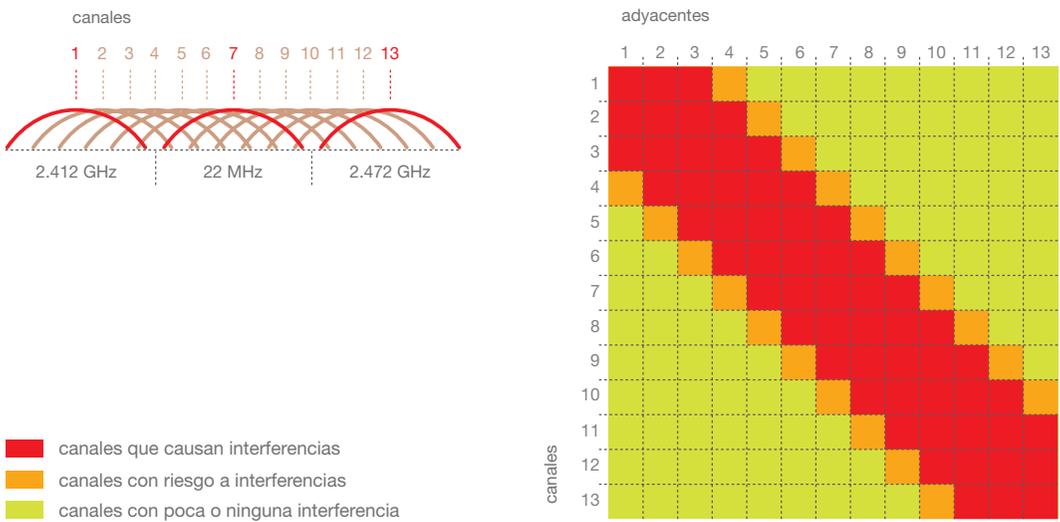
Algunas características a tener en cuenta:

- El número de puntos de acceso que se requiere para dar cobertura a una determinada zona es proporcional al número de usuarios, ya que la tecnología de acceso radio no permite la conexión simultánea de más de 10 o 15 usuarios por punto de acceso.

- El alcance en exteriores sin obstáculos y cumpliendo el límite legal de potencia está en torno a 800 m., valor que se ve reducido enormemente en entornos urbanos. Debido a que la penetración en las edificaciones es limitada, en despliegues de exterior se recomienda que los usuarios finales utilicen clientes con antenas exteriores.
- En Europa se permite el uso de 13 canales en la banda de 2,4 GHz (11 en EEUU y 14 en Japón), aunque sólo se pueden usar 3 canales de forma simultánea que no se solapen entre sí y por tanto que no se interfieran (1, 6 y 11 son los más usados, aunque también se podrían usar por ejemplo 2, 7 y 12), denominados canales no solapados. Esta circunstancia limita el despliegue de un número elevado de puntos de acceso en áreas pequeñas ya que es muy difícil conseguir que los puntos no se interfieran entre sí, reduciendo la eficiencia de la red.

### Gráfico 13

Distribución de canales WLAN en banda ISM 2,4 GHz.



- Los clientes existentes en el mercado utilizan fundamentalmente los estándares 802.11b 802.11g cuyas velocidades de acceso máximas en aire son de 11 Mbps y 54 Mbps. Esta velocidad en aire se traduce en un ancho de banda real de 5,5 Mbps y 24 Mbps, respectivamente, velocidad que ha de repartirse entre todos los clientes que estén conectados simultáneamente al mismo punto de acceso. Este reparto del ancho de banda no es proporcional al número de usuarios. Así, cuando hay un único usuario conectado éste dispondrá de todo el ancho de banda, pero al ir aumentando el número de clientes el ancho de banda a repartir se va reduciendo. Por ejemplo, en una red 802.11b, 1 cliente obtendría 5,5 Mbps, 2 clientes 2,5 Mbps, 3 clientes 1,5 Mbps, 4 clientes 1 Mbps, etc.

- Actualmente, no es posible ofrecer calidad de servicio en las comunicaciones, por lo que no se puede garantizar un servicio mínimo al usuario. Esto es debido en parte a que el estándar no contempla esta posibilidad y al hecho de estar usando una banda sin licencia y a la saturación que existe actualmente en la banda de 2,4 GHz. Se han definido nuevos estándares para calidad de servicio en el IEEE (802.11e) pero aún no se están implementando en los equipos (ya hay puntos de acceso que lo soportan pero no dispositivos de usuario).
- Es muy importante controlar la seguridad de la red, pues las comunicaciones inalámbricas son fácilmente interceptables. No es recomendable el uso del sistema WEP (Wired Equivalent Privacy), pero sí el del estándar WPA/WPA2. Sólo es recomendable el uso de mecanismos que aseguren la autenticación de los clientes y el cifrado de las comunicaciones.

**Ventajas:** Movilidad local. Facilidad acceso. Coste despliegue.

**Desventajas:** Alcance. Imposibilidad de controlar la calidad del servicio.

**Cobertura:** Localizada en ubicaciones concretas (hoteles, ámbito local)

**Ancho de banda:** Acceso básico 256 Kbps.

#### 2.2.2.4. Tecnologías móviles.

- **2,5 G (GPRS y EDGE).** La tecnología GPRS consiste en una modificación de la telefonía móvil convencional (GSM) de manera que permite la transmisión de datos como si se tratase de un módem tradicional. Sin embargo, la velocidad máxima de transmisión que se puede alcanzar en condiciones óptimas es de 40 Kbps por lo que no se puede considerar una tecnología de acceso de banda ancha.

La evolución de esta tecnología ha sido denominada EGPRS y el principal factor diferenciador es que permite velocidades de hasta 384 Kbps. EGPRS permite utilizar un teléfono móvil como módem para acceder a Internet. La cobertura de esta tecnología es muy amplia, la misma que para los servicios de voz, sin embargo la velocidad de acceso se ve degradada por la distancia a la estación base, así como por la carga de usuarios que soporte la red. Al compartir los mismos recursos que GSM el operador suele dar prioridad a las llamadas de voz, quedando la transferencia de datos en un segundo plano. Normalmente el contrato de servicio no incluye ningún valor sobre velocidad mínima o cobertura.

- **3G (UMTS).** La segunda generación de tecnologías de telefonía móvil (GSM) trajo consigo nuevos servicios, como la posibilidad de roaming internacional a través de la digitalización de la red. La tercera generación (UMTS) va unida a servicios de datos de banda ancha y convergencia, con la capacidad de soportar velocidades de transmisión de datos de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y hasta 2 Mbit/s con baja movilidad (interior de edificios). Esto, sumado al soporte del Protocolo de Internet (IP), va a permitir prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones tales como servicios de videotelefonía y videoconferencia.

**La tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) es la evolución de la tecnología UMTS y consiste en una mejora del canal descendente que aumenta la capacidad máxima de transferencia hasta 14 Mbps.**

**HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access)** es una evolución de para aumentar la tasa de transferencia de subida ( hasta 5,76 Mbps).

**Ventajas:** Movilidad.

**Desventajas:** Precio, limitada la capacidad de descarga.

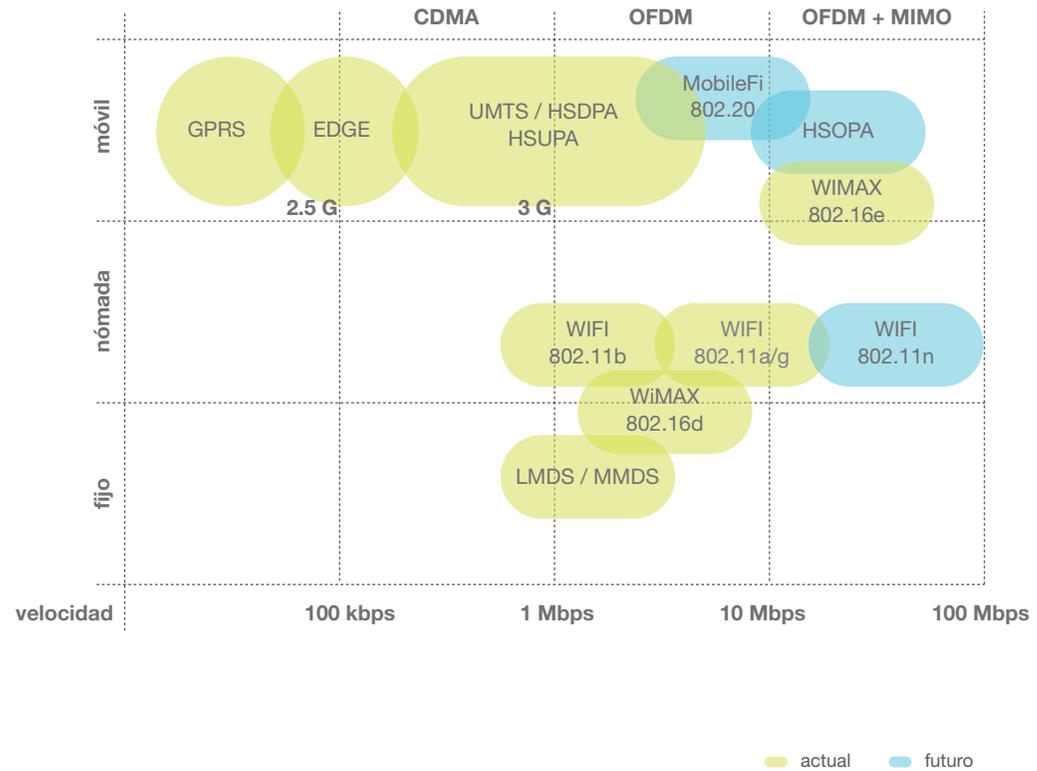
**Cobertura:** Media, en continua ampliación.

**Ancho de banda:** Acceso básico 384 Kbps.

Como resumen, se muestra el siguiente gráfico que sitúa las tecnologías en función del ancho de banda y la movilidad con una orientación de fechas de disponibilidad:

**Gráfico 14**

Comparativa velocidad / movilidad tecnologías inalámbricas.



### 2.3. Acceso a Internet de Banda Ancha para el usuario final.

En Andalucía, de la misma forma que sucede en el resto de España, el mercado de acceso a Internet está liderado por la tecnología ADSL ocupando más del 77% de las conexiones de banda ancha<sup>15</sup>. La oferta de acceso de banda ancha varía constantemente, pues está sujeta a una fuerte competencia entre los operadores. A continuación se detallarán las posibilidades de acceso que ofrecen distintos operadores en función de la tecnología usada:

- **xDSL.** El principal operador es Telefónica con una cuota de mercado muy superior a los otros proveedores de acceso mediante ADSL. Entre estos operadores cabe destacar Jazztel, Orange, Ya.com y Tele2. La oferta estándar consiste en un acceso a Internet de **2048/256 Kbps**. La cobertura ofrecida está concentrada sobre todo en zonas urbanas y está limitada por la distancia a la central telefónica de los usuarios. Por tanto, muchas zonas rurales o alejadas de las centrales no disponen de cobertura o sólo pueden contratar ADSL rural (**512/128 Kbps**). En los núcleos urbanos, la oferta se completa con ADSL2 y ADSL2+ que ofrecen modalidades de acceso de hasta 20 Mbps, combinadas con tarifa plana de llamadas y/o TV, aunque la cobertura de esta nueva evolución es aún escasa (alrededor del 20 %<sup>16</sup>).
- **HFC / Cable.** La principal operadora por cable a nivel nacional y andaluz tras la fuerte concentración sufrida en el sector es ONO, aunque existen operadores locales de CATV (principalmente en núcleos urbanos de pequeñas poblaciones) que aprovechando la red ya desplegada y las nuevas tecnologías ofrecen servicios de acceso a Internet junto a su tradicional servicio de TV. ONO por su parte ha realizado un interesante despliegue de red, en los núcleos urbanos de mayor población, principalmente el servicio que se ofrece varía entre **1 y 4 Mbps**.
- **LMDS (WLL).** La tecnología LMDS se lanzó al mercado en el año 2000 con un concurso a nivel nacional con tres operadores en la banda de 3,5 GHz y otros tres en la banda de 26 GHz. No tuvo el éxito esperado y hubo escaso despliegue y concentración. En la actualidad quedan dos empresas, Iberbanda y Neo-Sky, que continúan usando la banda de 3,5GHz para dar servicio con tecnología LMDS. Iberbanda, adquirido por Telefónica en 2006, ganó un concurso en Andalucía para el despliegue del acceso a Internet en núcleos de población y espacios productivos asociados en entornos rurales que carecen de acceso a través del bucle de abonado del par telefónico. Ofrece servicio a partir de **256 Kbps**, aunque la cobertura es reducida. El segundo operador, concentrado en el sector empresarial, es Neo-Sky. Estos operadores se mantienen a la espera porque son los únicos con capacidad para desplegar redes WiMAX, ya que disponen de licencia en las bandas de frecuencia en 3,5 GHz.
- **PLC.** El despliegue de la tecnología PLC a nivel regional aún no se está realizando en Andalucía, aunque las compañías eléctricas prevén su desarrollo próximamente. La única empresa que proporciona acceso de banda ancha en Andalucía, denominada Epresa, está localizada en Puerto Real, Cádiz.
- **Satélite.** La tecnología vía satélite ofrece una cobertura amplia y esto la convierte en una de las más indicadas para su despliegue en zonas rurales y de difícil acceso. El principal inconveniente de esta tecnología lo impone el canal de retorno, que generalmente se realiza a través de la red telefónica básica. Existe la posibilidad de utilizar equipos que se conecten directamente al satélite para el retorno, pero esta opción encarece bastante la solución. El ancho de banda ofrecido varía **desde 1 Mbps hasta 24 Mbps**, aunque tienen un mayor grado de sobresuscripción.
- **Tecnologías móviles.** La oferta de acceso a Internet de banda ancha está disponible por parte de los tres operadores principales: Movistar, Vodafone y Orange. Generalmente, aunque suele ser posible la configuración por parte del usuario, la conexión a Internet a través de UMTS cambia automáticamente a GPRS en caso de que no exista cobertura 3G. De esta forma, las operadoras

---

15. Barómetro I@andalus, 2007.

16. Documento "SIE 2006. Selección de indicadores".

pueden proporcionar una cobertura nacional para la transmisión de datos. La velocidad de acceso viene muy condicionada por la cobertura. La mayoría de las operadoras tarifican por volumen de tráfico, aunque es común la existencia de bonos, de manera que se paga una cuota fija por un volumen determinado de tráfico. También existen tarifas planas, aunque realmente están limitadas por el volumen de tráfico mensual.

- **WLAN.** El fuerte impulso del sector, unido a la fuerte promoción actual de esta tecnología tanto en los mercados residenciales como empresariales, ha propiciado en un paulatino crecimiento del uso de la misma. Con la evolución de la tecnología han aparecido iniciativas para crear redes inalámbricas en pueblos e incluso ciudades con el fin de compartir accesos. Inicialmente se hizo de forma particular, de manera que eran los propios residentes de la localidad los que creaban e instalaban las redes, aunque actualmente son muchos los municipios que están fomentando el despliegue de estas redes de acceso desde las administraciones locales. La cobertura que se consigue viene determinada por el tipo de despliegue que se realice, pero generalmente se trata de dar cobertura a pedanías y núcleos urbanos pequeños, aunque existe la posibilidad de realizar despliegues que cubran áreas extensas. En función de la entidad que explota la red el precio del acceso a estos servicios es variable. Generalmente, cuando el ayuntamiento es el propio operador de la red suele ofrecer el acceso a Internet a cambio de una cuota reducida que resulta de los costes de mantenimiento y operación de la red. Las velocidades de acceso ofertadas varían según la localidad pero en la mayoría de los municipios se proporciona un ancho de banda de **256 Kbps** debido a que la tecnología WiFi no ofrece grandes anchos de banda y éste es compartido por todos los usuarios que se conectan a cada punto de acceso.

A continuación se incluye una tabla con los precios de los distintos operadores y de los servicios más comunes. Esta tabla está confeccionada con precios vigentes en abril de 2007.

**Tabla 2**

Comparativa de precios y servicios de acceso a Internet de banda ancha.

Tecnología	Operador	Ancho de banda (Descarga/Subida)	Precio mensual
ADSL	Telefónica	3 Mbps/320 Kbps	39,90 €
ADSL	Telefónica	1 Mbps/320 Kbps	39,07 €
ADSL (rural)	Telefónica	512 Kbps/128 Kbps	39,90 €
ADSL	Jazztel	20 Mbps /1 Mbps	12,95 €
ADSL	Jazztel	6 Mbps / 512Kbps	32,95 €
ADSL	Jazztel	1 Mbps/300 Kbps	37,95 €
ADSL	Ya.com	3 Mbps/320 Kbps	22,90 €
ADSL	Ya.com	1 Mbps/300 Kbps	19,95 €
ADSL	Orange	20 Mbps /1 Mbps	30 €

Tecnología	Operador	Ancho de banda (Descarga/Subida)	Precio mensual
ADSL	Orange	6 Mbps / 512Kbps	25 €
ADSL	Orange	1 Mbps/320 Kbps	20 €
HFC	ONO	4 Mbps/512 Kbps	35 €
LMDS	Iberbanda	512 Kbps/128 Kbps	39 €
PLC	Epresa	3 Mbps/3 Mbps	33 €
PLC	Epresa	600 Kbps/600 Kbps	21 €
SATELITE	Nassat	768Kbps/56Kbps	80€
SATELITE	SkyDSL	2000Kbps/56Kbps	29,80€
UMTS	Movistar	200 Mb	20 €
UMTS	Movistar	1 Gb	30 €
UMTS	Vodafone	30 Mb	15 €
UMTS	Vodafone	1 Gb	39 €
UMTS	Orange	375 Mb	24 €
WLAN	Nostracom	512 Kbps/512 Kbps	16 €
WLAN	Nostracom	2 Mbps/2 Mbps	39,95 €
WLAN	Telefónica	Hotspots (aeropuertos, hoteles, etc.)	45 €

#### 2.4. Prestación de servicio de acceso troncal a Internet.

La arquitectura general a desarrollar por parte de una entidad que desee prestar el servicio de acceso a Internet constará principalmente de dos secciones elementales, una red de transporte o backbone y lo que se puede denominar como red de acceso. El backbone constituye la parte de la red que interconecta por un lado Internet y por el otro la red de acceso. Adicionalmente esta parte de la red integra la inteligencia de la misma y realiza la mayoría de labores de gestión y administración de los recursos. La red de acceso consiste en el “camino” entre el backbone y los terminales de usuario.

Bajo esta arquitectura, es necesario que el backbone cuente con un punto de interconexión con Internet que encamine el tráfico agregado de toda la red. La opción preferente para esta interconexión es la contratación de una o varias líneas dedicadas. Se entiende por línea dedicada aquella línea de telecomunicaciones que proporciona el operador para soportar el tráfico entre dos puntos de forma exclusiva y sólo es utilizada por el cliente en cuestión.

Los operadores ofrecen diversas posibilidades en función del medio físico, la calidad y el ancho de banda requerido, pero las más comunes son:

- **Frame Relay.** Es una tecnología de conmutación de paquetes que transmite voz y datos a alta velocidad y que permite la interconexión de redes de área local separadas geográficamente. En este

tipo de conexión, cuando se contrata el servicio se suele definir un ancho de banda comprometido o asegurado (CIR) y un ancho de banda máximo (MIR). El servicio se suele contratar para anchos de banda que varían entre 64 Kbps y 2 Mbps, en función de la tasa de datos garantizada. El precio de estas conexiones varía en función de la distancia entre los puntos que se desea conectar.

- **ATM.** Es una tecnología de transmisión asíncrona que permite la transmisión de lo que se denominan celdas ATM, que pueden llevar información de voz y de datos. ATM ofrece un servicio orientado a conexión basado en caminos virtuales (VP) y circuitos virtuales (VC). Permite determinar la calidad de servicio deseada a la hora de establecer la comunicación. Durante la conexión se reservan los recursos necesarios para garantizar durante toda la sesión la calidad del servicio al usuario. La velocidad de transmisión suele variar entre 2 Mbps y 600 Mbps.

- **Gigabit Ethernet.** Es una ampliación del estándar Ethernet que permite la transmisión de datos hasta velocidades de 1.000 Megabits por segundo. El estándar Gigabit Ethernet conserva con mínimos cambios el método de acceso CSMA/CD y no presenta límites con respecto a la distancia máxima o número de nodos.

El medio físico mediante el que el operador ofrece estas líneas dedicadas puede ser cableado o inalámbrico. Dentro de los medios cableados se suelen utilizar líneas de cobre o fibra óptica, mientras que los medios inalámbricos suelen utilizar radioenlaces en bandas de frecuencias que requieren del uso de títulos habilitantes.

En contrapartida a las líneas dedicadas propiamente dichas existe la posibilidad de usar para los enlaces troncales tecnología LMDS/WiMAX. Este tipo de solución ofrece la ventaja de que no requiere cableado, reduciendo los costes de obra civil y siendo la mejor alternativa para zonas rurales. Esta tecnología proporciona enlaces seguros y fiables, con anchos de banda considerables y alcances de decenas de kilómetros. Hay que recalcar que a la hora de contratar un servicio de este tipo se debe asegurar con el operador un ancho de banda garantizado mínimo que cubra las necesidades del tráfico agregado de toda la red, así como la posibilidad de reventa del servicio, por lo que será necesario la contratación de un servicio de gama empresarial.

**Debido al auge de la tecnología ADSL residencial, ésta podría considerarse como una posibilidad de acceso troncal a Internet debido a su bajo coste, sin embargo NO es recomendable cuando se desea ofrecer acceso a Internet a un número elevado de usuarios por las siguientes razones:**

- Existen inconvenientes legales, ya que las operadoras de ADSL impiden la reventa del servicio ADSL residencial.
- El ancho de banda garantizado en esta tecnología suele ser del 10% por lo que, aunque el operador ofrezca un ancho de banda elevado (entre 2 y 20 Mbps), no se puede asegurar su disponibilidad.
- Los equipos de acceso (router ADSL) que instalan los operadores son de bajo coste orientados al mercado residencial, por lo que suelen ser uno de los principales elementos de fallo al usar la red por muchos usuarios.

La alternativa es la contratación de ADSL empresarial que permita la reventa del servicio, que proporcione mayor garantía de ancho de banda (50 o 100 % del flujo contratado), junto con la utilización de elementos de red (router ADSL) de mayores prestaciones.

Adicionalmente, existen otros factores que deben ser tenidos en cuenta a la hora de elegir el tipo de acceso, como por ejemplo el equipamiento de red necesario (routers, firewalls, switches, etc.) para evitar posibles “cuellos de botella” en el funcionamiento de la red. También es recomendable contratar servicios de backup para garantizar el funcionamiento de la red en caso de fallo de los enlaces principales.



# 3

## Marco legal

3.1. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT)	35
3.1.1. Conceptos	35
3.1.2. Funciones de la CMT	35
3.1.3. Recomendaciones de la CMT	36
3.1.4. La CMT como organismo regulador	39
3.2. Normativa específica redes inalámbricas	39
3.2.1. Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)	39
3.2.2. Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre	41
3.2.3. Normativas Locales	42
3.2.4. Legislación Europea	43
3.3. Otras disposiciones legales	43

## 3. Marco legal

### 3.1. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT).

**3.1.1. Conceptos.** A continuación se describen algunos conceptos que serán utilizados más adelante:

**Operador:** Aquella entidad, privada o pública, que tiene como actividad la prestación de servicios electrónicos, como telefonía, acceso a redes de datos, etc.

**LGT:** Ley General de Telecomunicaciones, marco legal que define requisitos y obligaciones a cumplir tanto por operadores como por las AA.PP.

**Servicio Universal:** Conjunto de servicios de Telecomunicaciones con una calidad determinada, accesibles a todos los usuarios con independencia de su localización geográfica y a un precio asequible. Este servicio por definición incluye el servicio telefónico, el fax de tipo 3 y el acceso funcional a Internet.

**Servicio público:** Este concepto engloba el servicio universal más aquellos servicios que sirvan para facilitar la comunicación entre colectivos que se encuentren en circunstancias especiales y estén insuficientemente atendidos, con el objetivo de recibir un conjunto mínimo de servicios de telecomunicaciones.

**Libre competencia:** Régimen que establece un marco para las actividades que realizan las empresas de forma que no se privilegia a unas sobre otras, y se asegura que todas tengan los mismos derechos y obligaciones.

**3.1.2. Funciones de la CMT.** La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) es el organismo regulador independiente español para el mercado de las telecomunicaciones y de los servicios audiovisuales. Es una entidad de derecho público, adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI).

De esta forma, el objeto de la CMT es *“el establecimiento y supervisión de las obligaciones específicas que hayan de cumplir los operadores en los mercados de telecomunicaciones y el fomento de la competencia en los mercados de los servicios audiovisuales, conforme a lo previsto por su normativa reguladora, la resolución de los conflictos entre los operadores y, en su caso, el ejercicio como órgano arbitral de las controversias entre los mismos”* (artículo 48.13 de la Ley 32/2003).

Las funciones principales de la CMT son:

- Arbitrar, intervenir y resolver los conflictos que puedan surgir entre los operadores del sector de las comunicaciones electrónicas.
- Salvaguardar la libre competencia, adoptando las medidas necesarias en la asignación de recursos así como la garantía de las obligaciones de servicio público de forma que se mantenga la pluralidad de oferta del servicio.
- Asesorar al Gobierno y al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en los asuntos concernientes al mercado y a la regulación de las comunicaciones.
- Ejercer las funciones de denuncia, inspección y/o sanción respecto a los incumplimientos de las Instrucciones o Resoluciones.
- Gestionar el Registro de Operadores.

**3.1.3. Recomendaciones de la CMT.** La inquietud de las Administraciones Locales por dotar a sus ciudadanos de accesos a los servicios de la Sociedad de la Información y evitar los efectos negativos de la denominada “brecha tecnológica” se traduce en la creación de redes destinadas al uso tanto interno de las propias Administraciones como de los ciudadanos. La CMT ha publicado un Catálogo de buenas prácticas<sup>17</sup> orientado al papel de las AA.PP. y su nivel de intervención general en el sector de las telecomunicaciones, del que se pueden extraer algunos elementos para recordar a las AA.PP. los aspectos legales que deben ser tenidos en cuenta en el despliegue y operación de este tipo de redes. Debido a que son numerosas las cuestiones que se plantean a raíz de este texto, se tratará a continuación de solventar las más comunes:

#### **¿Cuándo debe un ayuntamiento desplegar una red pública?**

Según la CMT, el despliegue de una red pública por parte de una AA.PP. debe realizarse cuando se hayan agotado previamente otro tipo de medidas “incentivadoras” y se haya detectado un fallo de mercado. Esto es, desde los ayuntamientos se debe fomentar que operadores privados implanten y desplieguen sus propias redes, siendo únicamente en el caso de que estas medidas no resulten efectivas y que la demanda esté insuficientemente atendida cuando debería optarse por la creación de infraestructuras públicas.

#### **¿Qué se entiende por fallo de mercado?**

Se puede considerar que se produce un fallo de mercado cuando no existen las infraestructuras necesarias para cubrir las demandas de los ciudadanos, o cuando éstas no están cubiertas a un precio asequible.

Por ejemplo, según ha confirmado la CMT, si en una zona sólo está disponible Internet mediante satélite, existe un fallo de mercado de “acceso a Internet de banda ancha”, ya que el satélite tiene claras limitaciones y un coste elevado, lo que discriminaría a esa población frente a otra por el mero hecho de vivir en una zona determinada.

#### **¿Qué se puede financiar con fondos públicos?**

Será legítima la financiación pública del diseño y construcción de infraestructuras de telecomunicaciones que estén destinadas a proporcionar un servicio público que se considere necesario. Este tipo de subvenciones no se podrá realizar si con ellas se está favoreciendo selectivamente a determinadas empresas privadas.

Por otra parte, sí está permitida la subvención directa o indirecta de las actividades de las entidades explotadoras, sea para cubrir sus costes, cubrir el equipamiento de usuario o para subvencionar los precios a usuarios finales, siempre y cuando se haya detectado un fallo de mercado (demanda insuficientemente atendida por los operadores privados) y esta actividad se realice por un periodo determinado de tiempo (mientras persistan estas condiciones de fallo de mercado). Por tanto, si la demanda de los servicios de telecomunicaciones está cubierta por la competencia no podrían solicitarse este tipo de subvenciones.

#### **¿Puede darse el servicio gratis?**

La Administración no puede vender por debajo de coste en un mercado en competencia, además debe aspirar a obtener un rendimiento normal, es decir, el que todo inversor privado en una economía de mercado trataría de obtener de su inversión de capital. Pero lo más importante es que, en ningún caso, un operador público que opera dentro de un mercado en libre competencia debería neutralizar pérdidas con transferencias de fondos públicos. Sin embargo, se suele permitir, que durante un

---

17. "La actividad de las AAPP en el sector de las telecomunicaciones. Catálogo de buenas prácticas".

tiempo limitado se ofrezca servicio gratuitamente como periodo de prueba o pilotaje de la red a un número restringido de usuarios, lo que se debe comunicar a la CMT.

Así mismo existen mecanismos para la financiación de la operación de las redes que de cara al usuario final ofrecen el servicio de forma gratuita, pero que no vulneran las condiciones impuestas por la CMT para la prestación de servicios por parte de Administraciones Públicas. Éste es el caso de servicios que permiten la conexión gratuita a Internet a cambio de la visualización de publicidad de las empresas patrocinadoras del servicio mientras se accede al mismo.

#### ¿Cómo se debe explotar una red pública?

En el supuesto de que sea la Administración local la que realice el despliegue de la infraestructura necesaria para dar servicio a los ciudadanos, debe permitir que aquellos operadores privados que lo deseen puedan acceder a la explotación de la misma, para lo cual lo recomendable es que se convoque concurso público para la explotación de la red. Así, para no afectar a la competencia y “no favorecer a determinadas empresas”, según se refleja en el Documento de trabajo de la comisión Europea de 12 de noviembre de 2002:

- 1) **La infraestructura no debería reservarse para un único operador**, sino estar abierta a distintos operadores y, si es posible, a diferentes actividades.
- 2) Si las autoridades públicas conservan el control de la infraestructura, **debería estar a disposición de posibles operadores sobre una base no discriminatoria**.
- 3) Si la infraestructura se alquila a operadores, se **les debería cobrar un canon de un importe apropiado**.
- 4) En caso de utilización limitada a un solo operador, se deben respetar las condiciones en materia de transparencia y no discriminación.

Además, el método de designación del operador encargado de la explotación de la red debería basarse en el principio de igualdad de trato, exigiendo las mismas condiciones y criterios objetivos a todas las empresas, tal y como se estipula en los procedimientos de contratación pública.

#### ¿Puede un ayuntamiento explotar una red?

Sí, si no existe interés por parte de operadores privados o bajo ciertas circunstancias de interés público, aun existiendo operadores privados. Sin embargo, la Administración local deberá actuar en ambas situaciones como lo haría una entidad privada, esto es, deberá autogestionarse económicamente, no vulnerar la normativa aplicable y no podrá incurrir en financiaciones ilegales contrarias al régimen de subvenciones públicas ni otras actuaciones discriminatorias igualmente contrarias a la libre competencia. Así mismo, la Administración debe sujetarse, al menos, a las mismas reglas que el resto de los operadores, lo que implica que no podrá entrar en acuerdos colusorios ni abusos de posición de dominio ni recibir ayudas públicas que distorsionen la competencia. Junto con estas obligaciones, que son propias de todos los operadores, la Administración que actúe como operador público deberá además gestionar estos servicios con la debida separación de cuentas.

#### ¿Por qué una separación contable?

Con carácter general, un operador público debe actuar como lo haría un operador privado dentro de un mercado en libre competencia. De esta forma se asegura que la actividad del operador público no se financia mediante partidas de fondos públicos y que no se favorecen sus propias actividades

como operadores de telecomunicaciones en detrimento de los derechos del resto de operadores privados que concurren o puedan concurrir con ellas en el mismo mercado. Esta separación contable se ha de concretar de la misma manera que se exigiría para empresas jurídicamente independientes: identificando todas las partidas de costes e ingresos, especificando la base de cálculo y los métodos de asignación utilizados, con un desglose pormenorizado del activo fijo y de los costes estructurales.

### **¿Cómo se da de alta un ayuntamiento como operador?**

Para ello deberá "...presentar ante la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, con carácter previo al inicio de la actividad, la notificación fehaciente a que se refiere el artículo 6.2 de la Ley General de Telecomunicaciones (LGT)". La documentación necesaria para esta notificación se encuentra en el anexo 1 junto con un ejemplo ficticio. Hay que recordar que se otorga a la CMT la función de velar para que la competencia siga siendo efectiva y no se vea falseada en el mercado en que interviene la Administración. Por ello, la Comisión tiene la facultad de imponer condiciones especiales con posterioridad a la notificación a las administraciones públicas para continuar con la prestación del servicio.

### **¿Qué se entiende por inicio de la actividad?**

En el caso de la explotación de redes públicas de comunicaciones electrónicas por parte de la Administración Local, el inicio de la actividad se corresponde con cualquiera de los siguientes momentos (el primero que se produzca):

- 1) el inicio de su aprovechamiento;
- 2) la toma del control de la red; o
- 3) la puesta a disposición de la red a los posibles usuarios.

### **¿La entidad explotadora de la red debe abonar algún impuesto especial?**

La empresa explotadora deberá abonar la Tasa General de Operadores. Este impuesto sirve para financiar la labor de la CMT. Debe ingresarse según modelo T6 en una cuenta de la CMT el 31 de diciembre de cada año y consiste en un 1,5 por mil sobre los ingresos de explotación<sup>18</sup> una vez restadas las cantidades que se pagan a otros operadores<sup>19</sup>, según establece la ORDEN PRE/1501/2006, de 16 de mayo de 2006<sup>20</sup>.

---

18. <http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/Servicios/Tasas/TasaOperadores/>

19. Coste del acceso a Internet troncal, servicio que se revende.

20. Coste del acceso a Internet troncal, servicio que se revende.

#### CUADRO RESUMEN:

- Las AA.PP. deben fomentar e incentivar inversiones en infraestructuras sostenibles por parte de operadores privados.
- Si las actuaciones anteriores no obtienen resultado, las AA.PP. pueden actuar al respecto, con el consenso de administraciones nacionales, regionales y locales, y realizar ellas mismas el despliegue.
- Se debe convocar a concurso público el diseño y la construcción así como la explotación, que no se debe limitar a un único operador, para favorecer la eficiencia en la inversión, la sostenibilidad y la libre competencia.
- Si se diera el caso en que no fuera rentable la operación de la red por parte de operadores privados, las AA.PP. podrían responsabilizarse, ya que el interés público estaría justificado.
- Para explotar la red por parte de la administración local ésta deberá:
  - Cumplir todos los requisitos legales al igual que cualquier operador privado.
  - Darse de alta en el registro de operadores de la CMT.
  - Mantener cuentas separadas.
  - Autogestionarse económicamente.
  - Actuar conforme a las reglas de libre mercado y competencia.
- El uso de subvenciones a la explotación por parte de las AA.PP. únicamente estaría indicado en caso de que se hayan detectado fallos de mercado y siempre y cuando no se incurra en agravios comparativos.

**3.1.4. La CMT como organismo regulador.** Tras la entrada en vigor de la nueva Ley General de Telecomunicaciones, la CMT no puede exigir condiciones especiales previas diferentes de las exigidas como requisitos de capacidad enumerados en el artículo 6 de la Ley 32/2003, de 3 de noviembre para la notificación como operador. Sin embargo, **este hecho no evita que la CMT realice posteriormente la correspondiente actividad de comprobación con respecto a si el operador cumple con las condiciones que se establezcan reglamentariamente para la prestación de los servicios o la explotación de las redes de comunicaciones electrónicas** y, en caso de no cumplirlas, obre en consecuencia sancionando e incluso inhabilitando al operador.

## 3.2. Normativa específica de las redes inalámbricas.

**3.2.1. Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).** Las bandas de uso común no son exactamente de libre uso, sino que están reguladas y es de obligado cumplimiento la normativa vigente especificada por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (SETSI) en las notas de utilización nacional del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).

Las notas que se incluyen en el anexo 2 de este manual indican la normativa referente en materia de uso de las bandas de frecuencia de uso común, definiendo los niveles de potencia máximos que pueden utilizar los equipos, así como el tipo de servicios que se pueden ofrecer usando estas frecuencias.

Como resumen de las notas, la utilización de las bandas de uso común (que en España, como en el resto de Europa, están en el rango de 2,4 Ghz y de 5 Ghz) está regulada en cuanto a las potencias máximas que pueden utilizar los equipos. Estas notas regulan, así mismo, el uso que se puede hacer

de las bandas, definiendo el tipo de equipamiento que puede ser utilizado, las frecuencias permitidas y los mecanismos que tienen que integrar los dispositivos para controlar la potencia radiada. En el gráfico siguiente se pueden observar las frecuencias permitidas y los valores de potencia permitidos.

**Gráfico 15**

Comparativa regulación espectro tecnologías WLAN.



DFS. Selección dinámica de frecuencia  
 PC. Control de potencia

**Nota aclaratoria:** Por P.I.R.E (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) se entiende el valor de potencia de señal que es radiado al exterior por un equipo. Este valor incluye la potencia del equipo radio, las pérdidas en los cables, la ganancia de la antena y otros parámetros. Es decir, se deberán configurar los equipos debidamente para que la suma de todos estos parámetros no supere el valor de PIRE permitido por la normativa.

## CUADRO RESUMEN

- Existen dos bandas de uso común: 2,4 GHz y 5 GHz.
- La potencia máxima en exteriores para la banda de 2,4 GHz es de 100 mW P.I.R.E.
- La potencia máxima en exteriores para la banda de 5 GHz depende de la sub-banda:
  - Sub-banda 5,15 a 5,35 GHz: uso exclusivamente en interiores; 200 mW P.I.R.E con control de potencia y 100 mW P.I.R.E. sin control de potencia.
  - Sub-banda 5,470 a 5,725 GHz: uso en interiores/exteriores; 1 W P.I.R.E con control de potencia y 500 mW P.I.R.E. sin control de potencia.

**3.2.2. Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre.** Por el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre de 2001 se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas.

En el cuadro 2 del Anexo II del Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre de 2001, se recogen los niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos para distintos rangos de frecuencias. Los niveles de referencia de la exposición sirven para ser comparados con los valores de las magnitudes medidas. El respeto de todos los niveles de referencia asegurará el respeto de las restricciones básicas, recogidas en el apartado 2, del Anexo II del Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre.

En el rango de frecuencias que se usa para el despliegue de redes inalámbricas la máxima densidad de potencia equivalente de onda plana debe ser de 10 W/m<sup>2</sup>. Este valor se usa para definir una distancia de seguridad para la salud de las personas, distancia que varía en función de la frecuencia y potencia de los equipos utilizados. De esta forma, **este decreto regula la distancia de seguridad mínima entre las personas y los equipos de radiocomunicaciones.**

- **Cumplimiento de los niveles de referencia para 2.4 GHz.** Según la Nota de utilización que regula la banda de 2.4 GHz el valor máximo de potencia (PIRE) permitido es de 100 mW. Si se hacen los cálculos adecuados según el Real Decreto, se obtiene que la **distancia de seguridad es de 6 cm**. Se debe asegurar en las instalaciones que la distancia entre los equipos radio que trabajen a 2.4 GHz y las personas que puedan estar cerca sea siempre mayor a 6 cm.
- **Cumplimiento de los niveles de referencia para 5 GHz.** Según la Nota de utilización nacional que regula la banda de 5 GHz, dentro de esta banda nos podemos encontrar con distintos valores de PIRE según la sub-banda utilizada y si se implementan o no técnicas de control de potencia (TPC).

**Por tanto, y dependiendo de la banda que se use, se debe asegurar en las instalaciones que la distancia entre los equipos radio que trabajen en la banda de 5 GHz y las personas que puedan estar cerca sea superior a 8-18 cm.**

**Tabla 3**

Distancia de seguridad en sub-bandas de 5 GHz

Banda	PIRE máxima permitida	Distancia de seguridad
5150-5350 MHz	200 mW	8 cm
5250-5350 MHz (con TPC)	200 mW	8 cm
5250-5350 MHz (sin TPC)	100 mW	6 cm
5470-5725 MHz (con TPC)	1 W	18 cm
5470-5725 MHz (sin TPC)	500 mW	13 cm

**3.2.3. Normativas Locales.** En los últimos años, se ha observado una proliferación de los servicios de telecomunicaciones inalámbricas que poco a poco se han introducido en nuestra sociedad de una forma natural. Así, a la tradicional radiodifusión, televisión terrenal y telefonía fija con terminales inalámbricos se han unido la televisión por satélite, la telefonía móvil, las redes WIFI, la tecnología de acceso fijo inalámbrico (LMDS) o Internet vía satélite.

Al igual que los servicios genéricos de telecomunicaciones, las redes inalámbricas requieren de la ocupación del dominio público, pero en este caso, no sólo en el ámbito urbanístico, sino también en el ámbito del espectro radioeléctrico. **La gestión del espectro radioeléctrico, como bien de dominio público y escaso, corresponde a la Administración General del Estado para su aprovechamiento y repartición mediante la redacción de los correspondientes planes de atribución de frecuencias, la concesión de licencias y autorizaciones. De la misma forma, es competencia de la Administración General del Estado la protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas, estableciendo los límites de potencia de dichas emisiones así como los mecanismos de inspección, control y certificación de las instalaciones de equipos radiantes.** Es lo que se ha venido comentando en puntos anteriores sobre la CMT y la SETSI.

Sin embargo, **corresponde a los ayuntamientos velar por la ordenación de las infraestructuras urbanas, estudiando la concesión de licencias urbanísticas para la instalación de dispositivos de emisiones radioeléctricas.** En este sentido, se podrá exigir al operador la existencia de un proyecto técnico y la certificación fin de obra de la instalación, realizados por profesionales competentes y visados, como garantía de que dichas instalaciones cumplen la legislación aplicable. De la misma forma, en el planeamiento urbanístico municipal se deberá tener en cuenta la ocupación del dominio público por estas instalaciones, como hemos visto en el apartado anterior, fomentando la ubicación compartida de las mismas, a fin de minimizar el impacto visual.

Por este motivo, será necesario tener en cuenta a la hora de realizar despliegues exteriores la ordenanzas municipales existentes, a tenor de las competencias que en materia urbanística y medioambiental vienen reconocidas a favor de los ayuntamientos por la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.

**3.2.4. Legislación Europea.** La normativa nacional española procede de directivas de la Unión Europea que, con el objetivo de armonizar las leyes de los países miembros, marca las directrices a seguir en materia normativa en telecomunicaciones.

Destacar las recomendaciones ERC DEC (01)07<sup>21</sup> y ERC Decision (99)23<sup>22</sup> en materia de uso del espectro de radiofrecuencia (regulación de la banda de 2,4 GHz y 5 GHz respectivamente) y las normas ETS 300 328 y ETS EN 301 893<sup>23</sup> que contienen los requisitos técnicos obligatorios de los equipos para redes locales inalámbricas en las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz respectivamente.

**3.3. Otras disposiciones legales.** El despliegue y construcción de redes que se realice en entornos no urbanos o entornos naturales se deberá realizar conforme a la normativa medioambiental de la Junta de Andalucía y del Ministerio de Medio Ambiente.

En función de las características específicas de cada proyecto, especialmente en lo relativo a la naturaleza de las instalaciones e infraestructuras contempladas, deberá estudiarse si las mismas se ven afectadas por la normativa relativa a infraestructuras comunes de telecomunicaciones<sup>24</sup> (ICT), la legislación y normativa urbanística aplicable (LOUA<sup>25</sup> o la ley de propiedad horizontal<sup>26</sup>). Esto podría ocurrir especialmente si se utiliza la propiedad privada, como pueden ser azoteas o fachadas, para la instalación de infraestructuras de telecomunicaciones.

Es importante recordar que la empresa explotadora deberá cumplir todas aquellas normativas vigentes que sean de aplicación como la LOPD<sup>27</sup> y la LSSI<sup>28</sup>:

- **La Ley de Protección de Datos (LOPD)** tiene por objeto garantizar y proteger, en lo que concierne al tratamiento de los datos personales, las libertades públicas y los derechos fundamentales de las personas físicas, y especialmente de su honor, intimidad y privacidad personal y familiar. A nivel empresarial, su objetivo principal es regular el tratamiento de ficheros, ya sean informáticos o no, que contienen datos de carácter personal, los derechos de los ciudadanos sobre ellos y las obligaciones de aquellos que los crean. En el sector público, la citada Ley regula igualmente el uso y manejo de la información y los ficheros con datos de carácter personal utilizados por todas las Administraciones Públicas.

---

21. <http://www.ero.dk/documentation/docs/doc98/official/pdf/DEC0107.PDF>

22. <http://www.ero.dk/doc98/Official/Pdf/DEC9923E.PDF>

23. <http://www.etsi.org>

24. [http://www.coit.es/index.php?op=legislacion\\_157](http://www.coit.es/index.php?op=legislacion_157)

25. Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía.

26. Ley 8/99 de 6 de Abril de Propiedad Horizontal

27. Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal

28. Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico (<http://www.lssi.es/>)

• **La Ley de Servicios de la Sociedad de la Información (LSSI)** se aplica a todas las actividades que se realicen por medios electrónicos y tengan carácter comercial o persigan un fin económico. La Ley se aplica tanto a las páginas web en las que se realicen actividades de comercio electrónico como a aquellas que suministren información u ofrezcan servicios de forma gratuita para los usuarios, cuando constituyan una actividad económica para su titular. Existe actividad económica cuando su responsable recibe ingresos directos, por las actividades de comercio electrónico que lleve a cabo, o indirectos, ya sea por publicidad o patrocinio derivados de la actividad que realice por medios electrónicos.

Así mismo ha entrado en vigor la Ley 25/2007 de "Conservación de datos relativos a las Comunicaciones Electrónicas y a las Redes Públicas de Comunicaciones".



# 4

## Buenas prácticas

4.1. Despliegues con tecnologías inalámbricas	47
4.1.1. Red troncal	48
4.1.2. Red de Acceso	51
4.1.3. Centro de Gestión de Red	62
4.2. Caso práctico	63
4.3. Fases del proyecto	65
4.3.1. Definición de requisitos iniciales	66
4.3.2. Estudio de viabilidad	68
4.3.3. Búsqueda de financiación	75
4.3.4. Estudio de la licitación	75
4.3.5. Proyecto técnico	78
4.3.6. Construcción de la red	90
4.3.7. Explotación de la red	93
4.4. Procedimientos legales y administrativos	95
4.5. Plan de Negocio	

## 4. Buenas prácticas

Como ha quedado expuesto, las redes inalámbricas constituyen una buena opción en aquellos casos en los que la disponibilidad de comunicaciones electrónicas en el municipio es limitada y no existen alternativas para equiparar la oferta de banda ancha a la de otras poblaciones. **Las redes inalámbricas requieren de una menor inversión en obra civil, menor número de equipos, menor número de licencias necesarias al no tener que cablear los edificios y, adicionalmente, existe un buen número de opciones tecnológicas cada vez más asequibles para la construcción y mantenimiento de estas redes.**

Siendo el objeto específico de este libro, se recogen en este apartado una serie de recomendaciones y buenas prácticas a tener en cuenta a la hora de abordar un proyecto de despliegue de una red inalámbrica para proporcionar acceso a Internet de banda ancha en municipios de zonas rurales, así como en los puntos emblemáticos y singulares de los mismos. Estas recomendaciones se apoyarán sobre un caso práctico real que se analizará a modo de ejemplo con el fin de clarificar esas recomendaciones.

Se incluyen en este apartado los siguientes contenidos:

- Descripción de diferentes escenarios con tecnologías inalámbricas.
- Descripción del caso práctico real que se va a usar como modelo.
- Definición de fases de un proyecto, aplicando cada una de ellas al caso práctico.
- Descripción de procedimientos legales y administrativos.
- Plan de negocio para ofrecer el servicio.
- Análisis de otros casos reales y comparación entre ellos.

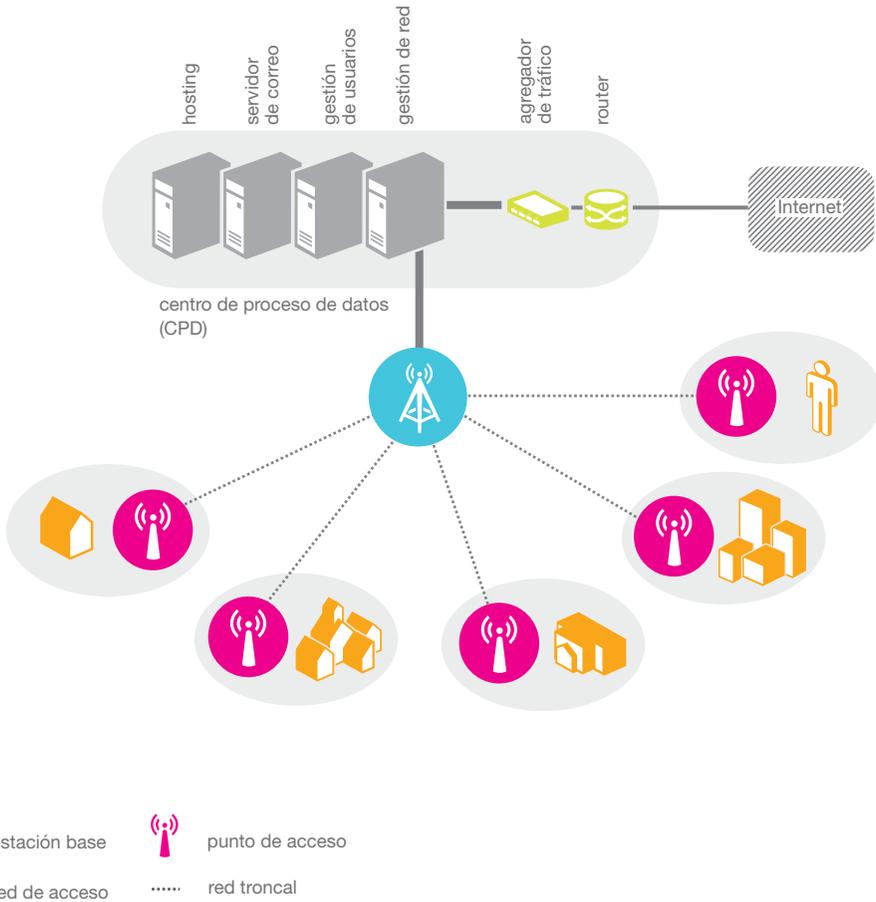
**4.1. Despliegues con tecnologías inalámbricas.** La arquitectura de red que mejor encaja con un proyecto de despliegue con tecnología inalámbrica está formada por varios elementos:

- **Red troncal (RT):** Es la red que permite interconectar los diferentes emplazamientos que se van a utilizar en la red. Es el nexo de unión entre la red de acceso y el centro de proceso de datos. Tiene requerimientos elevados de ancho de banda y disponibilidad, ya que concentra las comunicaciones de todos los usuarios que se conectan a la red de acceso. Según los casos, se puede subdividir también en red troncal principal y red troncal secundaria.
- **Red de acceso (RA):** Es la red que despliega la cobertura inalámbrica para el acceso de los usuarios finales. Está interconectada con la red troncal. Suele tener menores requerimientos en cuanto a disponibilidad y ancho de banda soportado.
- **Centro de Proceso de Datos (CPD):** En él se instalará el acceso troncal a Internet y todos los servidores necesarios para gestionar la red, los usuarios, la tarificación, etc.

A continuación se puede ver un esquema funcional de la arquitectura propuesta:

**Gráfico 16**

Esquema de red con arquitectura de red inalámbrica.



**4.1.1. Red troncal.** Cuando se despliega una red troncal, se puede aprovechar también para interconectar las sedes municipales entre sí, ahorrando costes a los municipios en el acceso a Internet corporativo y en la telefonía. Esto hace que tenga requerimientos más elevados que si se utiliza sólo para el acceso a Internet de los ciudadanos.

Las características principales que se le exigen a una red troncal son:

- Debe soportar un ancho de banda elevado, debido a que concentra las comunicaciones de todos los usuarios de la red.
- Debe ser muy estable, con una tasa media de fallos muy reducida.

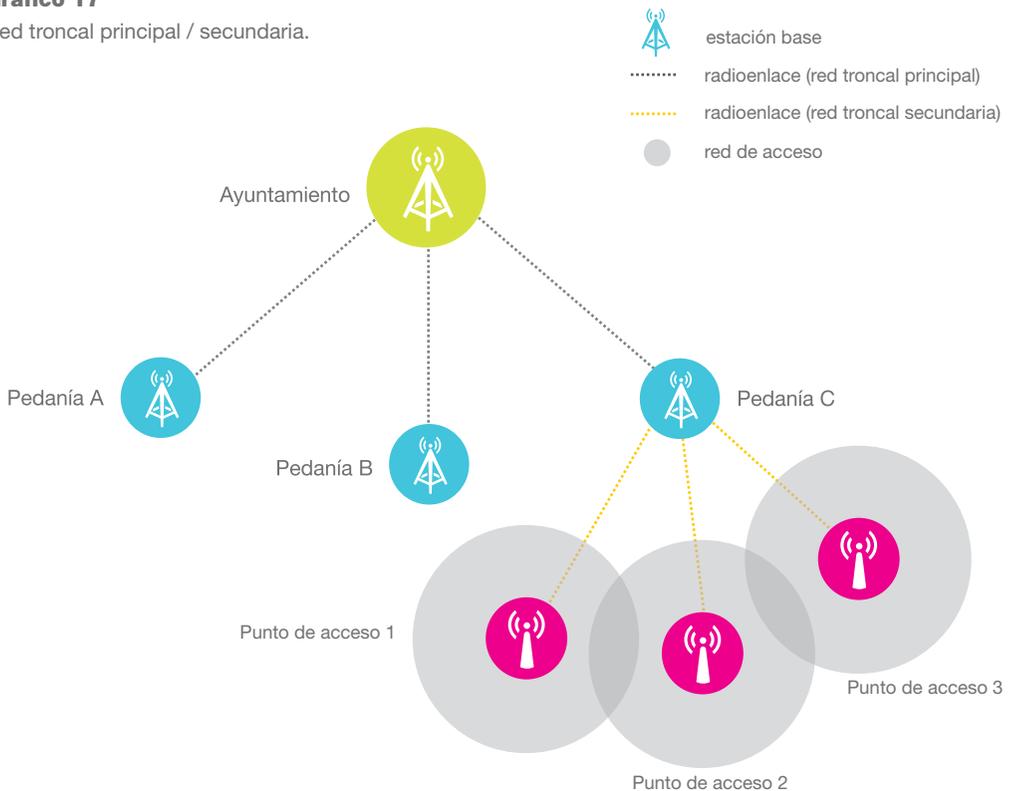
- Debe tener requerimientos de seguridad en las comunicaciones elevados.
- Debe permitir la conexión de ubicaciones a distancias elevadas (del orden de kilómetros).
- Debe permitir configurar parámetros de calidad de servicio y priorización de tráfico.
- Si la red se comparte para uso municipal y acceso a Internet de los ciudadanos, debe permitir separación de redes virtuales (VLAN).

En ocasiones en las que se desea interconectar diferentes localidades separadas a mucha distancia y posteriormente desplegar una red inalámbrica en cada localidad, puede ser necesario subdividir la red troncal en dos subredes con características diferentes:

- **Red troncal principal:** Esta red conectaría las diferentes localidades entre sí, y debería estar realizada con equipos de gama alta que permitan distancias elevadas y ofrezcan un gran ancho de banda y fiabilidad elevada. Esto implica también que el coste de los equipos es mayor.
- **Red troncal secundaria:** Esta red se desplegaría en cada una de las localidades para interconectar entre sí y con la red troncal principal las distintas ubicaciones de la red de acceso. Las distancias son mucho menores y tiene menos requerimientos en lo que respecta al ancho de banda, por lo que es posible usar equipos de menor coste.

**Gráfico 17**

Red troncal principal / secundaria.



## Tecnologías recomendadas para red troncal

• **Red cableada:** La primera opción a utilizar siempre que esté disponible es una red cableada. Este tipo de red está especialmente indicada cuando ya exista una infraestructura desplegada entre los distintos edificios que se van a usar para instalar los equipos de la red de acceso o cuando los requisitos de ancho de banda sean muy elevados (superiores a 50-100Mbps).

Puede darse el caso de un municipio que tenga todos sus edificios interconectados por fibra óptica y utilice esos edificios para instalar el equipamiento de la red de acceso.

• **Equipos inalámbricos Pre-WiMAX:** Es la opción más recomendable cuando no se dispone de una red cableada. Los equipos Pre-WiMAX están especialmente preparados para conexiones punto a punto y punto a multipunto. Estos dispositivos, que son los usados por los operadores de telecomunicaciones (carrier class), consiguen enlaces de mayor distancia que equipos WIFI sin sobrepasar la potencia legal. Sus características principales son:

- Usan la banda de frecuencias de espectro de uso común: 5,4 a 5,7 GHz (nota UN-128). Esta banda está mucho menos saturada que la usada por WIFI (2,4 Ghz) y además se permiten potencias de hasta 1 W PIRE, lo que permite distancias mayores y con mayor ancho de banda.
- Su fiabilidad es muy elevada, permiten configurar calidad de servicio, con garantía de ancho de banda y alta seguridad.
- Permiten anchos de banda elevados (valores habituales entre 25 y 70 Mbps reales; hasta 300 Mbps en los equipos de gama más alta)
- Topologías punto a punto (para conseguir mayor distancia con mayor ancho de banda) y punto a multipunto (para minimizar el coste en entornos multipunto, pudiendo conectar cientos de clientes a una única estación base).

• **Equipos basados en estándar 802.11a:** Una opción más económica que la anterior es utilizar equipos basados en el estándar WIFI de 5 GHz (802.11a) pero que implementan protocolos propietarios para mejorar las conexiones punto a punto/multipunto. Este tipo de equipos también trabaja en la banda de 5 GHz, aunque no ofrece los mismos niveles de funcionalidad y fiabilidad que los equipos Pre-WiMAX. Sólo se recomienda su uso en redes troncales secundarias donde las distancias sean pequeñas y no se esté usando la red para interconectar edificios municipales (ofreciendo servicios corporativos de mayor importancia).

• **Redes Mesh (malladas):** Las redes mesh utilizan la misma radio WIFI del punto de acceso para interconectar con otros equipos, formando su propia red troncal. Esta red troncal podría considerarse secundaria, ya que se necesitan varios puntos de interconexión con la red troncal principal. Estas redes se verán en más detalle en el siguiente apartado.

Para ofrecer una estimación de costes, se tendrá en cuenta el siguiente escenario práctico: instalación de una estación base (equipo principal de la red al que se conectan los remotos) y 6 clientes remotos (equipos que se conectan con la estación base y dan conectividad a los equipos de la red de acceso). Se tiene en cuenta el coste de los equipos, la instalación, configuración y puesta en marcha. No se analiza en este punto el coste de redes mesh porque es necesario el escenario completo (red troncal + red de acceso) para poder realizarlo. Se puede ver en la tabla 4.

**Tabla 4**

Estimación costes red troncal.

Tecnología	Coste estimado
Pre-WiMAX	24.000 €
Basados en 802.11a	19.000 €

**4.1.2. Red de Acceso.** La red de Acceso es la que permite la conexión inalámbrica de los usuarios finales, haciendo de interfaz con la red troncal.

Las características principales que debe tener una red de acceso son:

- Debe ser capaz de dar un ancho de banda adecuado a los usuarios, según requisitos.
- Debe ser estable, con una tasa de fallos reducida.
- Debe soportar los requerimientos de seguridad adecuados para garantizar las comunicaciones entre los usuarios e Internet.
- Inicialmente, no es necesario que soporte distancias elevadas ya que los clientes estarán cerca de los equipos de la red de acceso.
- Es aconsejable que la red permita configurar parámetros de calidad de servicio y garantías de ancho de banda a cada usuario. Si se desea utilizar la red para diferentes propósitos (red corporativa municipal y red de acceso a Internet, por ejemplo) es aconsejable que sea capaz de soportar también varias redes lógicas virtuales inalámbricas.
- Es importante que el coste de los equipos de cliente que se conecten a la red sea reducido, ya que este coste se repercute directamente sobre los usuarios finales.

Existen varios tipos de arquitecturas que pueden ser usadas para desplegar una red de acceso, entre las que destacan:

- **Redes WLAN tradicionales:** La arquitectura tradicional consiste en el despliegue de puntos de acceso WIFI estándar que permiten conectarse directamente a ellos a los usuarios finales. Cada uno de los puntos de acceso se debe conectar a la red troncal, que será la encargada de proporcionar la conectividad con Internet.
- **Redes Mesh (Malladas):** En este tipo de topología los equipos suelen contar con varios radios WIFI, conectándose los puntos de acceso entre sí formando una malla, de ahí su nombre. Generalmente utilizan la banda de frecuencia de 2,4 GHz para dar acceso a los usuarios finales, mientras que utilizan la banda de 5,4 GHz para interconectarse entre ellos a modo de red troncal.
- **Redes basadas en protocolos propietarios:** Hay un tercer tipo de equipos que, al contrario que los puntos de acceso WIFI, están diseñados desde su inicio para desplegar redes de acceso inalámbricas. Esto les confiere una serie de características necesarias en estas redes que no están

presentes en las otras dos tecnologías. Su principal desventaja es que no se pueden usar equipos de cliente estándar, aunque eso también puede llegar a ser una ventaja.

### Redes WLAN tradicionales

Es la arquitectura más utilizada actualmente. Se utilizan equipos WIFI estándar para ofrecer la cobertura inalámbrica a los usuarios finales.

---

#### Gráfico 18

Esquema de red con arquitectura WLAN tradicional.



La forma recomendada de realizar el diseño es siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Se decide la mejor ubicación para los puntos de la red troncal, siguiendo criterios de disponibilidad de emplazamientos (edificios municipales, mobiliario urbano, etc.) y de necesidades de cobertura.
- En cada punto donde existe red troncal se instalan los puntos de acceso WIFI necesarios, dependiendo del grado de cobertura que se necesite y, sobre todo, del número de usuarios que se van a conectar a la red. Por la propia definición del estándar, para que el acceso a la red sea aceptable cada punto de acceso WIFI puede soportar un máximo de entre 10 y 15 usuarios conectados de forma simultánea, por lo que es necesario tener en cuenta este parámetro para decidir el número de equipos que se instalarán. Por otra parte, la cobertura de un equipo WIFI respetando el límite de potencia es aproximadamente de 1 Km. (con línea de visión y con el uso de antena externa en el equipo cliente), aunque lo ideal es diseñar con radios de cobertura no mayores de 200-300m. Para conseguir estas distancias es necesario que en el usuario final se instale una antena externa que tenga visibilidad con el punto de acceso. En caso de usar un cliente WIFI estándar en el interior de las casas, el radio de cobertura de un punto de acceso varía entre 10 y 30 m (dependiendo del número de paredes y tipo que debe atravesar la señal).
- Se seleccionan las antenas que se deben instalar en cada sitio. Normalmente, los puntos de acceso están instalados en zonas elevadas para que se puedan ver desde la mayoría de las casas del municipio. Si se ha instalado más de un punto de acceso conectado a un mismo punto de la red troncal, es necesario utilizar antenas sectoriales (las hay con ángulos de apertura de 60°, 90° y 120°),

que permiten aumentar el ancho de banda de la red en ese punto, el alcance de la señal y la reutilización de canales de RF sin provocar interferencias entre los puntos de acceso. En lugares donde la densidad de usuarios sea pequeña y las distancias no sean elevadas, se puede montar un único punto de acceso con antena omnidireccional.

La tecnología usada en la red de usuarios se basa en el **estándar 802.11** (WIFI) para facilitar en el mayor grado posible el acceso por parte de los usuarios a la misma. Dentro de esta tecnología se pueden encontrar distintas opciones:

- **802.11b:** Es el estándar de hecho para la conectividad WIFI. Proporciona un ancho de banda de 11 Mbps nominales sobre la banda de 2,4 GHz, existiendo 13 canales disponibles en Europa, según la legislación, tres de ellos no solapados. La potencia máxima de los equipos está limitada legalmente a 100 mW PIRE.
- **802.11g:** Es un estándar compatible con el anterior. Presenta un aumento considerable en su ancho de banda alcanzándose los 54 Mbps nominales. Al igual que en el caso anterior se dispone de 13 canales en Europa con sólo 3 no solapados. Aunque es compatible con el estándar 802.11b, la introducción de un único cliente perteneciente a esta tecnología provoca que todos los equipos conectados a ese punto de acceso adapten su ciclo de trabajo a 11 Mbps (últimamente han aparecido equipos WIFI con mecanismos para mejorar las prestaciones en un entorno mixto 11b/11g). Al trabajar también en la banda de 2,4 GHz, la potencia máxima está limitada legalmente a 100 mW PIRE. Es la tecnología recomendada para la mayoría de los despliegues, ya que ofrece un buen nivel de ancho de banda y existen muchos dispositivos de cliente disponibles en el mercado.
- **802.11a:** Estándar cuya banda de trabajo se localiza en los 5 GHz. Esta banda está mucho menos saturada que la banda de 2,4GHz (que utilizan los dos estándares anteriores) debido principalmente a que el estándar 802.11a ha tenido mucha menor aceptación en el mercado europeo. Se pueden usar de forma simultánea 12 canales RF no solapados entre sí. Los clientes para PC son algo más caros y las distancias alcanzadas son sensiblemente menores en caso de que se use la misma potencia que en la banda de 2,4GHz aunque es importante resaltar que en esta banda se puede transmitir legalmente con mayores niveles de potencia, desde 200 mW hasta 1 W PIRE (dependiendo de la subbanda, ver apartado 3.2.1).

En cuanto a la forma de acceder de los clientes, existen fundamentalmente tres alternativas:

- a. Los usuarios finales acceden a la red directamente mediante un cliente inalámbrico instalado en el PC.
  - **Ventaja:** el coste para los usuarios es mínimo, necesitando tan sólo comprar y configurar un cliente inalámbrico estándar dentro de su PC.
  - **Inconveniente:** para cubrir toda la extensión municipal con la cobertura suficiente para permitir la conexión directa desde los ordenadores de usuario y cumpliendo las normativas de potencia, se necesita un número de puntos de acceso muy elevado (es posible que varios en cada calle, o incluso uno por cada 4-6 casas), así como una amplia extensión de la red troncal, algo que eleva mucho el coste del proyecto. Si se desea ofrecer cobertura de esta forma, es recomendable hacerlo con topología de redes mesh.
- b. Los usuarios finales disponen de un equipo de cliente y una antena adicional.
  - **Ventaja:** Con esta opción se pueden conseguir los niveles de calidad de servicio deseados

cumpliendo con todas las normativas impuestas y a un coste razonable.

- **Inconveniente:** el coste por cada equipo de usuario es mayor, siendo necesaria una antena direccional en muchos de los clientes (es posible que los que estén más cerca de los punto de acceso no la necesiten).

c. Los usuarios finales disponen de un equipo cliente con antena integrada.

- **Ventaja:** Esta opción también permite conseguir los niveles de calidad de servicio deseados cumpliendo con todas las normativas impuestas. Técnicamente, ofrece mayores garantías, al eliminar las pérdidas de señal introducidas por el cable RF.
- **Inconveniente:** el coste por cada equipo de usuario suele ser más elevado que las opciones anteriores.

La opción recomendable es diseñar la red suponiendo que los clientes tendrán antena externa (integrada o añadida), fundamentalmente debido al alto coste que tendría hacerlo de otra forma,

### Las principales características de los despliegues con redes WLAN tradicionales son:

- El precio de los equipos es más reducido que otras tecnologías, ya que son puntos de acceso WiFi estándar. Es recomendable utilizar equipos WiFi especialmente preparados para su uso en exteriores. El coste es mayor, pero ofrecen mayores garantías de funcionamiento.
- Se puede acceder a la red con cualquier dispositivo WiFi estándar, más fáciles de adquirir que cualquier dispositivo del resto de tecnologías descritas. Lo habitual es usar clientes inalámbricos con antena externa.
- Están más limitadas que otras tecnologías en el radio de cobertura y en el número de usuarios que puede soportar cada punto de acceso.
- No soportan calidad de servicio ni pueden garantizar el ancho de banda a los usuarios.
- Son muy sensibles a las interferencias, ya que en la banda de 2,4 GHz sólo hay 3 canales no solapados y además la banda está muy saturada.

### Redes MESH (Malladas)

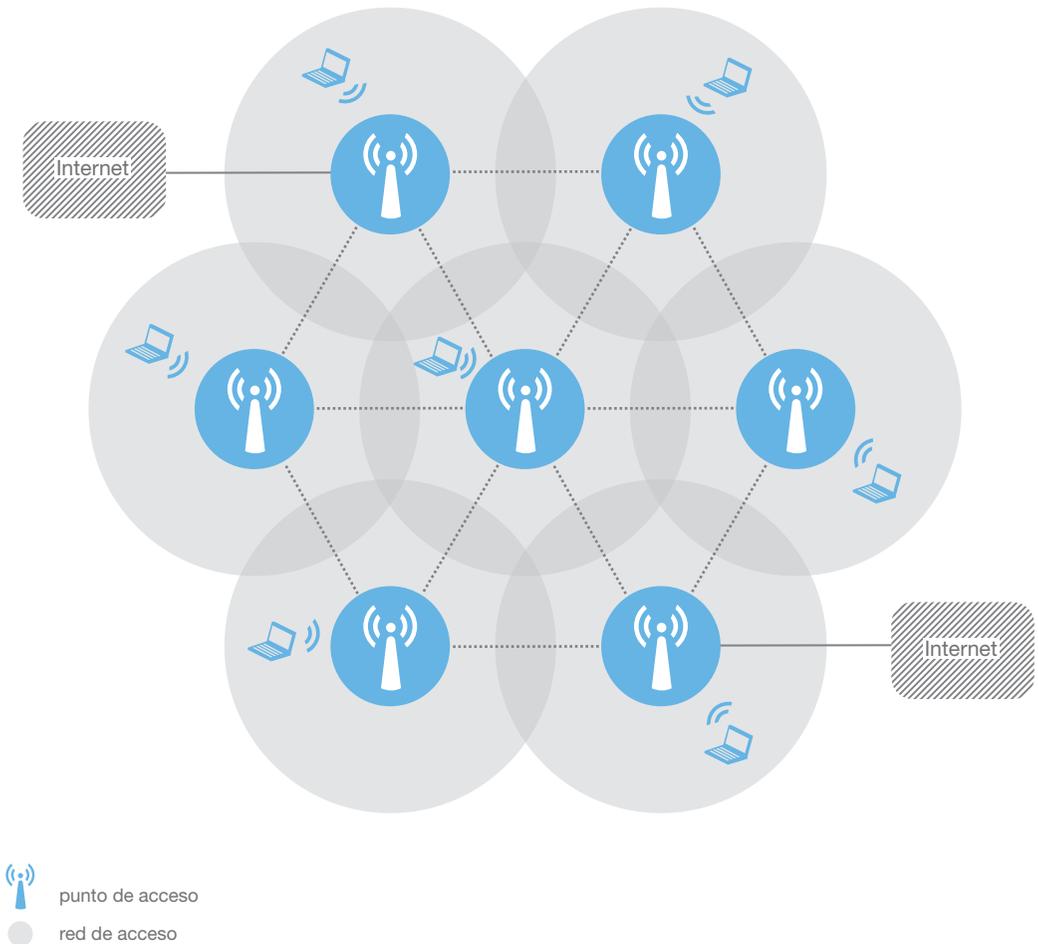
Las redes inalámbricas mesh o redes de malla inalámbricas se diferencian de las redes tradicionales en que los puntos de acceso de la red están conectados unos con otros por varios caminos. Esta configuración ofrece caminos redundantes por toda la red, de modo que si falla un enlace, otro se hará cargo del tráfico.

Para que esto sea posible es necesario contar con un protocolo de rutas que permita transmitir la información hasta su destino con el mínimo número de saltos o con un número que aún no siendo el mínimo sea suficientemente bueno. Es tolerante a fallos, pues la caída de un solo nodo no implica la caída de toda la red.

A modo de ejemplo se puede ver la estructura de una red inalámbrica mesh formada por siete nodos. Se puede ver que cada punto de acceso establece una comunicación con los puntos de acceso que tiene más cerca, configurando caminos entre todos ellos.

**Gráfico 19**

Estructura red inalámbrica acceso tipo mesh.



Una de las principales ventajas del uso de redes mesh es que no es necesario el uso de una red troncal, ya que es la propia red la que establece los enlaces troncales entre sí. Esta afirmación no es del todo cierta, ya que las redes mesh no pueden interconectar equipos entre sí de forma indefinida debido a que el ancho de banda se reduce a la mitad en cada salto<sup>30</sup> y aumenta el retardo (los puntos de acceso adyacentes comparten el mismo canal y por tanto se interfieren).

Normalmente, se diseñan las redes para que no haya más de 3 saltos entre cualquier punto de acceso y un punto de interconexión a la red troncal. Por tanto, la red troncal sigue siendo necesaria, aunque se reduce drásticamente su tamaño, ya que ahora sólo es necesario que se conecten a ella algunos de los puntos de acceso.

30. La explicación de este fenómeno es muy extensa y queda fuera del ámbito de este documento

La tecnología que utilizan los nodos mesh es WIFI estándar y los equipos más usados incluyen dos radios WIFI, una con soporte 802.11a (banda de 5GHz) para interconectarse con otros nodos, y otra con soporte 802.11g (banda de 2,4 GHz) para ofrecer el servicio de conexión a los usuarios finales.

Como los equipos sólo necesitan alimentación eléctrica y conectividad con al menos otro punto de acceso, esta tecnología se suele implementar usando el mobiliario urbano (farolas, semáforos, etc.). Por este mismo motivo, es muy recomendable el uso de redes mesh cuando se desea ofrecer cobertura inalámbrica a pie de calle, más difícil de conseguir con un despliegue tradicional debido a que necesitaríamos acceso a la red troncal en cada punto y, al estar rodeados de viviendas, es posible que existan problemas de visibilidad con los puntos centrales. En los despliegues mesh se suelen instalar muchos puntos de acceso, ya que los radios de cobertura siguen siendo del orden de cientos de metros, por lo que suelen ser bastante más costosos que un enfoque tradicional si se desea dar cobertura adecuada en todas las viviendas.

#### **Las principales características de los despliegues con redes mesh son:**

- El precio de los equipos es bastante más elevado que los puntos de acceso WIFI tradicionales, ya que incorporan varias radios y algoritmos complejos de enrutado. Además, suelen estar preparados para ser usados en exteriores, lo que encarece también el equipo.
- Al necesitar únicamente alimentación eléctrica, permite su instalación en farolas y mobiliario urbano, facilitando mucho el despliegue.
- Son redes muy robustas, ya que si uno de los nodos falla, automáticamente todos los demás recalculan el camino para llegar a la red troncal.
- Son autoconfigurables. Cuando se añade un nuevo nodo a la red, se autoconfigura comunicándose con los nodos adyacentes.
- Se puede acceder a la red con cualquier dispositivo WIFI estándar, siempre que se esté dentro del radio de cobertura.
- Al igual que las redes WLAN tradicionales, están limitadas en el radio de cobertura y el número de usuarios que puede soportar cada punto de acceso, no soportan calidad de servicio ni pueden garantizar el ancho de banda a los usuarios y siguen siendo muy sensibles a las interferencias.

#### **Redes basadas en protocolos propietarios**

En contraposición a las dos tecnologías vistas anteriormente, existe un tercer tipo basado en algoritmos propietarios y en equipos diseñados desde su inicio para realizar despliegues de redes de acceso inalámbricas.

Estos equipos están pensados para operadores de redes inalámbricas, operan en la banda de 5 GHz y solucionan los problemas que se deben afrontar con un despliegue basado en WIFI.

#### **El uso de estas tecnologías ofrece las siguientes ventajas:**

- La tecnología está diseñada desde el inicio para operar redes inalámbricas de acceso a Internet, por lo que está optimizada para estos entornos.

- Usan la banda de 5 GHz de uso libre en España (5,4 GHz a 5,725 GHz). Esta banda permite usar una potencia de transmisión mayor (hasta 1 W contando la ganancia de la antena), aumentando en gran medida el área de cobertura comparándolo con una red WiFi y disminuyendo el coste del despliegue. Con una única estación base se ofrece cobertura inalámbrica a varios kilómetros de distancia.
- El uso de la banda de 5 GHz también evita las interferencias con los posibles dispositivos WIFI 802.11g instalados en las empresas y casas de los usuarios, ya que usan bandas de frecuencia diferentes. Además, los equipos suelen tener algoritmos que mejoran mucho el funcionamiento en entornos con posibles interferencias.
- Permiten asegurar la calidad de servicio: Se pueden establecer garantías de ancho de banda por cada usuario de forma independiente, además de garantizar en todo momento el tráfico de voz sobre el tráfico de datos, permitiendo usar el teléfono en caso de saturación de la red.
- El número de usuarios que se puede conectar a cada estación base es muy elevado (cientos de usuarios) debido a que usa protocolos de multiplexación en el tiempo diseñados para entornos multiusuario.
- Los equipos (tanto las estaciones base como los clientes) están diseñados específicamente para ser usados en entornos de exteriores, soportando sin problemas altas y bajas temperaturas de funcionamiento. Además, son equipos muy robustos que tienen una tasa de fallo muy reducida, permitiendo que la red funcione sin problemas durante su vida útil. Por otra parte, el equipo cliente de acceso a la red es proporcionado por el propio operador de la red, asegurando de esta forma una configuración sencilla de equipos, el control absoluto de la red y la reducción de problemas por tener diversidad de equipos de distintos fabricantes y modelos, situación habitual en despliegues WIFI donde cada usuario compra su cliente de acceso a la red.
- Se usan algoritmos de encriptación y autenticación robustos. La conexión de equipos a la red está controlada desde el centro de gestión, por lo que las estaciones base sólo admiten equipos que estén previamente dados de alta en el sistema. El sistema de gestión de la red suele venir integrado con la solución que se adquiere. Aunque este control también se puede realizar en redes WIFI, es necesario el uso de sistemas de gestión externos que pueden aumentar el coste de la red.

El principal inconveniente que tiene el despliegue con este tipo de redes es que no se pueden utilizar clientes inalámbricos estándar, y el coste de estos clientes, al igual que el de los equipos de la red puede ser elevado. Sin embargo, con los últimos avances tecnológicos, se ha reducido mucho el coste del equipo de cliente y ya es comparable al uso de clientes WIFI con antena externa.

Con este tipo de redes no sería necesario desplegar una red troncal debido a que dispone de radios de cobertura elevados, aunque puede que sea necesario instalarla cuando las distintas ubicaciones estén a gran distancia (por ejemplo en distintas localidades), para unir las estaciones base de la red de acceso al Centro de Proceso de Datos.

Ésta es la opción más recomendable en la red de acceso para ofrecer un servicio de calidad a los usuarios, sobre todo si se desea ofrecer calidad de servicio a los clientes, garantizándoles ancho de banda y permitiendo un funcionamiento adecuado de aplicaciones en tiempo real como la telefonía IP.

#### Comparativa de tecnología de Red de Acceso

A continuación se incluye una tabla comparando las tres tecnologías para red de acceso que se han comentado:

**Tabla 5**

Comparativa tecnologías inalámbricas de acceso.

	WLAN	MESH	Propietario
Número de equipos necesarios	Reducido	Elevado	Muy reducido
Precio equipos de red	Reducido	Elevado	Muy elevado
Inversión en red troncal	Elevado	Reducido	Muy reducido
Escalabilidad	Reducida	Muy elevada	Elevada
Precio equipos de usuario	Muy reducida	Muy reducida	Elevada
Robustez de la red	Reducida	Muy elevada	Muy elevada
Radio de cobertura	Reducido	Reducido	Muy elevado
Banda de frecuencia	2,4 GHz	2,4 GHz y 5 GHz	5 GHz
Número de usuarios soportados por equipo	Reducido	Reducido	Muy elevado
Soporte Calidad de Servicio	No	No	Si

### Estimación de Costes

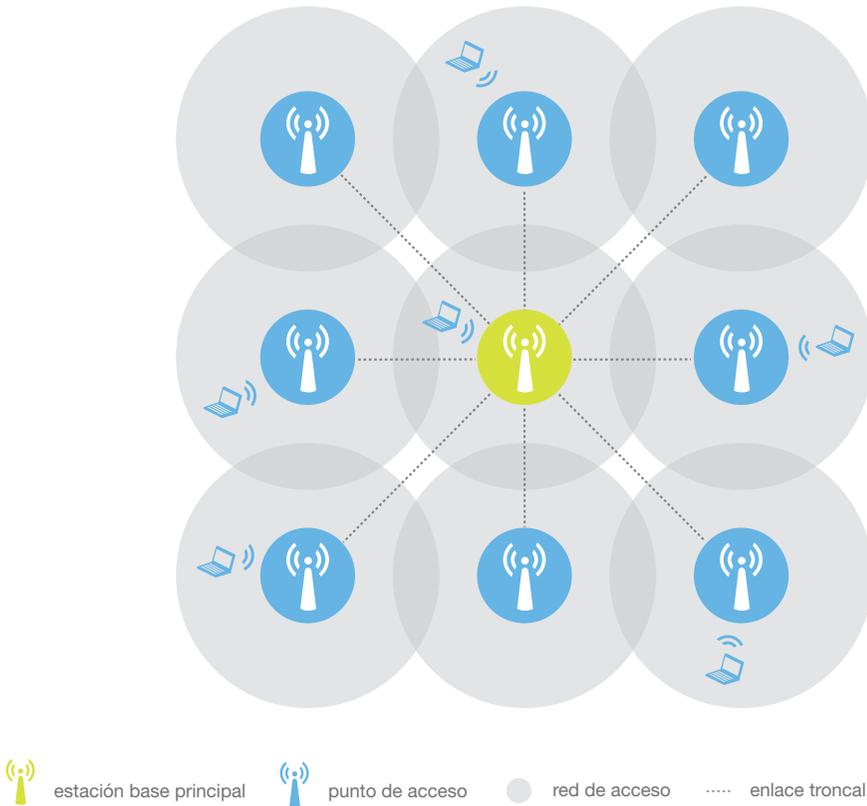
Para hacer una estimación de costes, se tomará como caso práctico el despliegue en una población de 15 Km<sup>2</sup> donde se desea conectar hasta 200 clientes inalámbricos. Las necesidades de equipamiento serían las siguientes:

#### • Red WLAN Tradicional

- Red troncal: Es necesario desplegar una red troncal que una las distintas ubicaciones que se van a usar para instalar los puntos de acceso WIFI. Se divide el área de cobertura en zonas con un radio aproximado de 700-800m (la mayoría de los clientes tendrán que usar antena externa), obteniendo un total de 9 zonas. Son necesarios por tanto una estación base y 8 estacione remotas que se conectarán a la estación base.
- Red de Acceso: En cada una de las 9 ubicaciones se instalarán entre 2 y 3 puntos de acceso, estimándose un total de 20 puntos de acceso WIFI.
- Clientes inalámbricos: Los usuarios que vivan muy cerca de los puntos de acceso WIFI podrán usar clientes WIFI estándar de bajo coste (USB, centrino integrado en el portátil, etc.), aunque la mayoría necesitará usar un cliente con antena externa con visibilidad con el punto de acceso para conseguir acceso a la red.

**Gráfico 20**

Diseño con red inalámbrica tradicional.

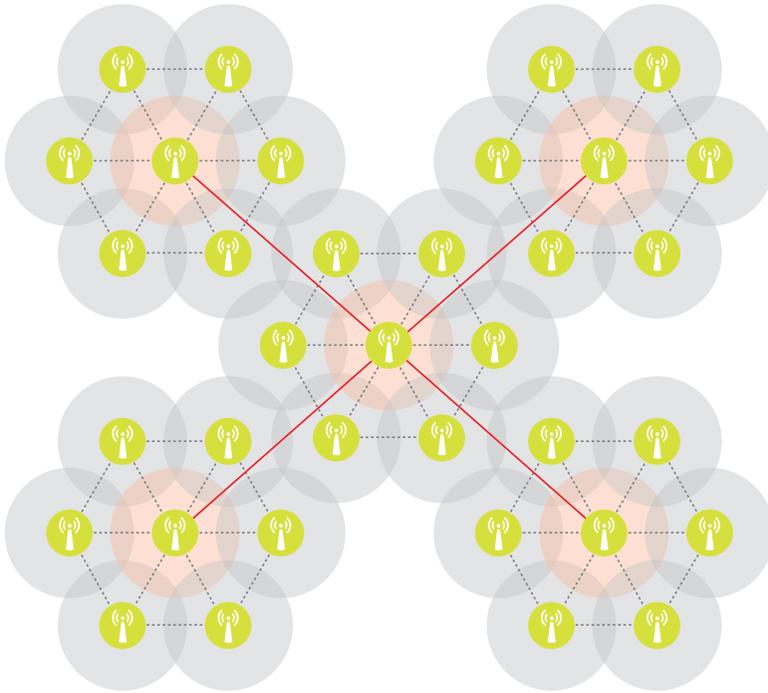


• **Red MESH**

- Red troncal: En este caso, como los puntos de acceso mesh se conectan entre ellos para establecer un camino hasta el punto central, no son necesarios tantos puntos de la red troncal. A modo de ejemplo, se estiman necesarios una estación base y 4 estaciones remotas que se conectarán en total a 5 puntos de acceso mesh que harán la interconexión del resto con la red troncal.
- Red de Acceso: Cuando se hacen diseños con puntos de acceso mesh, se suelen hacer a nivel de la calle para aprovechar el mobiliario urbano (farolas, semáforos, etc.). Esta forma de diseñar y el hecho de que cada punto de acceso tiene que tener conectividad con al menos otro punto de acceso (para establecer la malla) hace necesario el uso de un mayor número de puntos de acceso para cubrir la misma zona. En este caso, se estiman necesarios unos 40 puntos de acceso en total.
- Clientes inalámbricos: Debido a que se realiza un despliegue con un mayor número de puntos de acceso, es posible que más usuarios puedan conectarse desde sus viviendas con clientes WIFI estándar. Esto permite reducir el coste por usuario final.

## Gráfico 21

Diseño con red inalámbrica Mesh.



estación base principal

mesh troncal

mesh acceso

enlace troncal

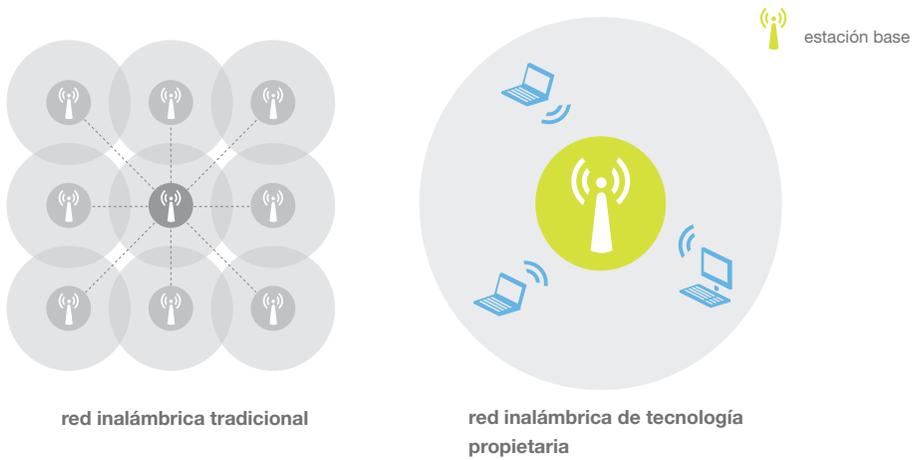
enlace mesh

### • Red propietaria

- Red troncal: En este caso no es necesaria una red troncal, ya que los elevados radios de cobertura de este tipo de equipos permiten instalar un único punto central al que se conectarán todos los equipos de cliente.
- Red de Acceso: Aunque por radio de cobertura, un equipo de tecnología propietaria es capaz de dar cobertura a toda la localidad, se propone la instalación de 6 sectores con cobertura de 60 ° cada uno (cobertura omnidireccional en total) formando una única estación base pero con capacidad para miles de usuarios. En total, cada uno de los sectores tendrá que gestionar una media de 33 usuarios, valor muy por debajo de las capacidades máxima de los equipos.
- Clientes inalámbricos: En este caso, el cliente inalámbrico debe ser uno de los proporcionados por el fabricante de esta tecnología. Existe una gran variedad de equipos dependiendo de las capacidades y del fabricante. Sus precios suelen variar entre 200 € y 300 €.

**Gráfico 22**

Comparativa de red inalámbrica de tecnología propietaria con red inalámbrica tradicional.



**Tabla 6 / Tabla 7**

Necesidades de equipamiento para estimación de costes / Estimación de costes global.

	WLAN	MESH	Propietario
<b>Red troncal</b>	1 Estación base 8 estaciones remotas	1 Estación base 4 estaciones remotas	-
<b>Red de acceso</b>	20 puntos de acceso WIFI	40 puntos de acceso Mesh	1 Estación base formada por 6 sectores
<b>Clientes inalámbricos</b>	200	200	200
<b>Red troncal</b>	33.000€	20.000€	0€
<b>Red de acceso</b>	60.000€	120.000€	55.000€
<b>Clientes unitarios</b>	50€ - 200€	50€ - 200€	200€-300€
<b>Coste por usuario (incluyendo cliente inalámbrico)</b>	515€ - 665€	750€ - 900€	475€ - 575€

**4.1.3. Centro de Gestión de Red.** Es el lugar donde se interconecta la red troncal (y por tanto la red de usuarios) con Internet y donde están instalados los servidores que permiten controlar y gestionar los servicios ofrecidos por la red. Sus principales atribuciones son:

- **Gestión de la conectividad a Internet:** Este servicio debe ser proporcionado por un proveedor de conexión a Internet que permita el uso del ancho de banda para revender servicio de acceso a Internet. El caudal contratado variará en función del número de usuarios y la velocidad que se les desee proporcionar.
- **Gestión de la red inalámbrica:** Desde aquí se supervisa y se mantiene la red troncal y la red de acceso, permitiendo la resolución de problemas de forma eficiente.
- **Gestión de usuarios:**
  - Servicio básico: autenticación y tarificación de los usuarios.
  - Otros servicios que se pueden ofrecer: alojamiento de páginas web, servicio de correo electrónico propio, redes privadas virtuales, televigilancia, telefonía IP entre usuarios de la red,...

Este centro deberá estar equipado con una serie de sistemas necesarios para la realización de las funciones descritas con anterioridad:

- **Sistema de gestión de la red (normalmente basado en el protocolo SNMP).** Este sistema permitirá gestionar los equipos, cambiar configuraciones, comprobar las alarmas y demás tareas de mantenimiento de la red de una forma sencilla.
- **Sistema de autenticación y tarificación de usuarios:** para permitir el acceso de los usuarios a la red es necesario que se autenticquen en un servidor, de forma que no accedan personas no autorizadas. Estos sistemas están basados normalmente en servidores RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server) y además de la autenticación hacen labores de tarificación de los usuarios conectados a la red.
- **Cortafuegos (firewall):** para proteger la red municipal de agresiones externas desde Internet se recomienda la instalación de un firewall que controle los accesos.
- **Equipos de conectividad con las redes externas:** dependiendo del proveedor del servicio de acceso a Internet, este equipamiento puede estar formado por módems ADSL, módems de cable, antenas parabólicas, etc.
- **Opcionalmente:** servidores web, correo electrónico, televigilancia (streaming), Voz sobre IP,...

### Estimación de Costes

El coste de un Centro de Gestión de Red depende mucho del equipamiento que se instale en él: cantidad y tipo de servidores, prestaciones y modelos de routers, firewall, switches, etc. por lo que no es fácil realizar una estimación sin conocer las necesidades de la red. Se presentará un caso práctico en este apartado siguiendo con el ejemplo anterior (despliegue en una población de 15 km<sup>2</sup> donde se desea conectar hasta 200 clientes inalámbricos). Las necesidades básicas de equipamiento serían las siguientes:

- **Sistema de gestión de red:** Se instalará un servidor para la gestión de la red a través del protocolo SNMP. Este servicio no requiere de mucha capacidad de proceso, disco duro ni ancho de banda,

por lo que se puede compartir el mismo servidor hardware con otros servicios. Se pueden usar sistemas de gestión SNMP basados en software libre (y por tanto gratuitos).

- Sistema de autenticación y tarificación de usuarios: Se utilizará un servidor RADIUS para la gestión de usuarios. Aunque existen sistemas comerciales, se usará un sistema gratuito basado en Linux (freeRADIUS), ya que está ampliamente utilizado y probado en redes de todo el mundo. Para el número de usuarios previstos, los requerimientos hardware son muy livianos, pudiendo compartir el servidor con otros servicios.
- Equipo de conectividad: Se propone la instalación de un router/firewall de un fabricante de reconocido prestigio, ya que todo el tráfico de la red pasa por este punto y es por tanto imprescindible que sea un sistema fiable y que no introduzca cuellos de botella. El mismo equipo servirá para conectar con la red troncal de acceso a Internet, ya sea Frame Relay, ATM o cualquier otra.

Los precios que se incluyen son aproximaciones para los requerimientos especificados:

**Tabla 8**

Necesidades de equipamiento para estimación de costes (\*).

	Linux	Windows
Gestión red (software)	0 €	1.000 - 2.000 €
Gestión red (hardware)	1.000 - 2.000 €	1.000 - 2.000 €
Gestión usuarios (software)	0 €	1.000 - 3.000 €
Gestión usuarios (hardware)	1.000 - 2.000 €	1.000 - 2.000 €
Equipo conectividad	1.200 - 2.500 €	1.200 - 2.500 €

(\* No se incluyen los servicios profesionales necesarios para su integración.

Para el caso práctico, debido a que el número de usuarios es reducido, si se utiliza el mismo sistema operativo para el sistema de gestión de red y el de gestión de usuarios sólo es necesario comprar un servidor hardware. En concreto la solución recomendable es el uso de software libre con sistemas de gestión de usuarios y de red gratuitos.

**4.2. Caso práctico.** El escenario real sobre el que se basa el caso práctico y que se estudiará en este apartado es el municipio malagueño de Antequera. Sus características más relevantes para el proyecto son las siguientes:

- Es uno de los municipios más extensos geográficamente de España y cuenta con una orografía complicada.

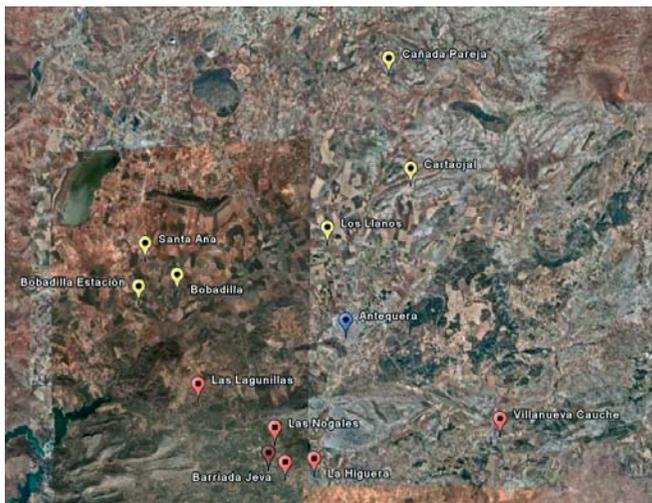
- En la actualidad tiene aproximadamente 50.000 habitantes.
- Se puede dividir en varios núcleos principales:
  - Núcleo urbano de Antequera: concentra la mayor parte de la población.
  - Anejos de la zona norte: existen 6 pedanías en la zona norte de Antequera, en dos de las cuales se concentra la mayoría de la población: Cartaojal y Bobadilla Estación.
  - Anejos de la zona sur: en esta zona existen otras 6 pedanías con menor población. Es además una zona muy complicada al estar los anejos diseminados por la falda de la sierra del Torcal.
- La disponibilidad de acceso a Internet de banda ancha es desigual:
  - Núcleo urbano: existe ADSL con cobertura de todo el núcleo desde hace varios años, además de disponer de servicios de cable en algunas zonas.
  - Anejos: ninguno de los ellos tiene la posibilidad de servicios de banda ancha, ni existe previsión de que vayan a tenerla a corto plazo.

En la siguiente ortofoto se puede comprobar la dispersión geográfica de los distintos núcleos poblacionales. Los anejos marcados en amarillo son los que pertenecen a la zona norte, mientras que los marcados en rojo son los de la zona sur. Como se puede apreciar la orografía de la zona es compleja, con multitud de lomas en la zona norte y con el Torcal de Antequera entre el núcleo y la zona sur.

---

### Gráfico 23

Ortofoto distribución núcleo urbano y pedanías Antequera.



En el siguiente apartado se seguirá paso a paso el despliegue de una red inalámbrica que proporcione acceso de banda ancha a los habitantes del municipio.

**4.3. Fases del proyecto.** Una vez verificado el fallo de mercado en los diferentes anejos y, teniendo en cuenta las recomendaciones de la CMT (ver apartado 3.1.3), se deben seguir una serie de pasos que finalizarán con el despliegue y puesta en marcha de la red de acceso a los usuarios.

Las fases de las que se compondría el proyecto serían las siguientes:

- **Definición de requisitos iniciales:** Definición de objetivos y requisitos que se han de cumplir con la red inalámbrica.
- **Estudio de viabilidad:** Análisis de la viabilidad de realización del proyecto, ciñéndose a los requisitos planteados.
- **Búsqueda de financiación:** Búsqueda de fuentes de financiación que aporten capital para llevar a cabo el proyecto.
- **Estudio de licitación:** Análisis de las distintas posibilidades para licitar el proyecto, teniendo en cuenta las tareas que hay que realizar.
- **Proyecto técnico:** Realización por parte de técnicos propios cualificados o por una entidad competente externa a la Administración de un proyecto técnico de la red que permita cumplir con los requisitos finales.
- **Construcción:** Instalación de los componentes de la red de acuerdo con lo especificado en el proyecto técnico.
- **Explotación de la red:** Definición del modelo de explotación.

---

#### Gráfico 24

Fases del proyecto.



**4.3.1. Definición de requisitos iniciales.** La definición de los requisitos que debe cumplir la red inalámbrica es la primera fase que se debe abordar y una de las más importantes.

La definición de requisitos, junto con el estudio de viabilidad y la búsqueda de financiación es un proceso iterativo conforme van añadiéndose funcionalidades deseadas a los requisitos es necesario estudiar la solución técnica de los mismos y su coste y, si no es posible alcanzar dichas funcionalidades, revisar de nuevo los requisitos adaptándolos hasta obtener un compromiso entre las funcionalidades deseadas, la viabilidad técnica de las mismas y la financiación disponible. Este compromiso se plasmará en unos requisitos finales que serán los que se tengan en cuenta a la hora de planificar el resto del proyecto.

Estos requisitos van a ser la base sobre la que se realice el estudio de viabilidad y sobre los que se obtendrá una estimación del coste de la red.

---

### Gráfico 25

Proceso iterativo del cual se obtendrán unos requisitos finales.



Los requisitos iniciales que hay que analizar y definir claramente son:

- **Zonas en las que se pretende dar cobertura:** Núcleos de población y/o zonas determinadas dentro de esos núcleos donde se pretende ofrecer el servicio.
- **Estimación del porcentaje de la población que demandará el servicio:** Una vez definidas las zonas de cobertura, es necesario realizar un estudio que determine el porcentaje de la población perteneciente a las zonas de cobertura que puede estar interesada en contratar el servicio de acceso a Internet.
- **Ancho de banda disponible para cada usuario:** Es necesario también especificar el ancho de banda que cada usuario tendrá disponible y la previsión de su crecimiento en el futuro, ya que es importante a la hora dimensionar la red.
- **Tipo de servicio que se pretende prestar:** Básicamente se puede distinguir entre acceso total a Internet o acceso restringido (sólo servicios esenciales: correo electrónico, acceso web, servicios de mensajería instantánea, etc.). Es importante definir si se les va a ofrecer a los usuarios la posibilidad

de acceder a redes de intercambio de ficheros P2P (como por ejemplo emule o bittorrent) o no, ya que es uno de los servicios más demandados en la actualidad, pero el diseño y el dimensionamiento de la red puede ser muy diferente en cada caso.

- **Seguridad y tarificación:** En redes inalámbricas es un punto muy importante, ya que el acceso al interfaz aire no está restringido, por lo que es preciso tomar las medidas adecuadas para asegurar la integridad y privacidad de los datos que circularán por la red. Además, como en cualquier operador, es necesario disponer de servidores de autenticación, autorización y auditoría que permitan establecer un control sobre el uso de la red y llevar a cabo la tarificación a los usuarios.

- **Nivel de disponibilidad de la red:** Este requisito se refiere al tiempo medio que la red se encuentra fuera de servicio en un determinado intervalo de tiempo.

A continuación se recoge a modo de esquema los requisitos que han de definirse:

---

**Gráfico 26**

Requisitos a definir en un despliegue inalámbrico.



## CLAVES

- Los requisitos son la base sobre la que se debe hacer el diseño de la red y sobre los que se obtendrá posteriormente una estimación del coste.
- Los requisitos se deben plantear mediante definición directa por parte de los responsables municipales de la red.

### Aplicación al caso práctico

Los requisitos iniciales definidos por el Ayuntamiento de Antequera son los siguientes:

- **Zonas en las que se pretende dar cobertura:** Todo los núcleos poblacionales del término municipal de Antequera, es decir, núcleo urbano, anejos de la zona norte y anejos de la zona sur.
- **Estimación del porcentaje de población que demandará servicio:** En los requisitos iniciales no se define una estimación inicial.
- **Ancho de banda disponible para cada usuario:** Servicio básico de 256 Kbps.
- **Tipo de servicio:** Acceso total a Internet.
- **Seguridad y tarificación:** Se define que los datos transmitidos por los usuarios deben estar encriptados, garantizando la confidencialidad y se especifica que se deben establecer los mecanismos de control adecuados para permitir cobrar a los usuarios que accedan de la red.
- **Nivel de disponibilidad de la red:** Se desea que la red esté disponible en un porcentaje cercano al 100%.

**4.3.2. Estudio de viabilidad.** La siguiente fase del proyecto consiste en la realización de un estudio de viabilidad en el que se refleje la posibilidad de realizar una red que cumpla con los requisitos junto con una estimación del coste de despliegue y del coste de su operación.

Para realizar este estudio es necesario personal cualificado, ya que se deben conocer las tecnologías disponibles y los costes de mercado para realizarlo. Existen dos posibilidades para hacerlo:

- Si el municipio dispone de personal cualificado para realizar dicho estudio, puede hacerse internamente.
- En caso contrario, se debe realizar una contratación pública<sup>31</sup> para asignar a una empresa especializada la realización de este estudio.

A continuación se enumeran una serie de recomendaciones a tener en cuenta en el estudio de viabilidad y que se aplicarán a cada uno de los requisitos vistos en el apartado anterior.

#### • Cobertura:

- Es importante definir bien las zonas donde se desea dar el servicio y el grado de cobertura que tendrán, ya que el coste final de la red depende en gran medida de este punto.
- Siguiendo las recomendaciones de la CMT y para reducir costes, sólo se recomienda ofrecer el servicio en zonas donde no existan otros operadores que ofrezcan servicios de banda ancha.

---

31. Consultar Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público.

- Si no se dispone de la financiación adecuada, es recomendable abordar la cobertura de las zonas deseadas en varias fases, aprovechando la propiedad de escalabilidad de las redes inalámbricas. Por tanto, también conviene especificar en los requisitos que la cobertura de la red debe ser escalable.
- Hay que tener en cuenta qué ubicaciones están disponibles para llevar a cabo las instalaciones del equipamiento. Es importante buscar ubicaciones municipales que no necesiten de permisos adicionales ni impongan costes recurrentes (alquiler).
- Es indispensable disponer de alimentación eléctrica en las ubicaciones, y además que ésta sea fiable.

#### • Estimación de número de usuarios dentro un área cubierta:

- Para realizar la estimación de usuarios, hay que tener en cuenta varios parámetros: número de viviendas que hay en la zona de cobertura (en principio no habrá más de una conexión por vivienda); porcentaje de esas viviendas que solicitará el servicio (este parámetro lo debe estimar el Ayuntamiento, según las características de la zona); porcentaje de uso simultáneo de la red (se suele usar entre un 10% y un 20%).
- Hay que tener en cuenta también que el equipamiento necesario para dar acceso a los usuarios tiene límites en cuanto a la cantidad de usuarios simultáneos que permiten. Por tanto, una misma zona debería ser cubierta por varios dispositivos si el número de usuarios en la zona es mayor que el límite de un único dispositivo. El número de usuarios soportados depende de la tecnología empleada (p.e., los equipos WIFI soportan entre 10 y 15 usuarios simultáneos por punto, mientras que un equipo Pre-WiMAX es capaz de soportar hasta 512 usuarios simultáneos).

#### • Ancho de banda disponible para cada usuario:

- Este parámetro es crucial a la hora de dimensionar la red, ya que influirá tanto en los requisitos de la red de acceso como de la red troncal.
- Ya que lo que se quiere proporcionar es acceso de banda ancha, el valor mínimo que se ha establecido como válido es de 256 kbps.

#### • Tipo de servicio que se pretende prestar:

- Si se pretende dar acceso total sin restricciones a Internet, es necesario hacer hincapié en el elevado número de conexiones que generan las aplicaciones de intercambio de ficheros (tipo emule). Por lo tanto, habría que adquirir equipamiento que soportase tal número de conexiones. También hay que tener en cuenta cómo influyen negativamente en las estadísticas de la red.
- Como alternativa, se plantea el uso de mecanismos que limiten el uso de determinados protocolos, dejando acceso sólo a los servicios más comunes, como pueden ser web, correo, telnet, ftp, etc.

## • Seguridad:

- Autenticación. Cuando se contempla la prestación de un servicio de estas características, un aspecto fundamental es que la red de acceso debe asegurar que sólo las personas autorizadas pueden acceder a dicha red.
  - Esta tarea es realizada por los procesos de autenticación presentes en la red de acceso, que normalmente se basarán en la presentación de una combinación nombre de usuario/contraseña, que legitima el acceso del usuario a la red.
  - Los pares nombres de usuario/contraseña se comprobarán en un servidor de autenticación, que deberá estar conectado con la red.
  - Entre los mecanismos de autenticación disponibles para este tipo de redes se encuentran:
    - Portal cautivo. Es un procedimiento de autenticación transparente al usuario, que consiste en que el usuario, cuando inicia la navegación, siempre es redirigido a una página donde debe introducir el nombre de usuario y su contraseña.
    - Cliente software. Mediante este proceso, es necesario instalar alguna pieza de software en el ordenador del cliente, que realiza de manera automática los procesos de autenticación.
    - Introducido en el cliente hardware. Si en la red se contempla el uso de clientes hardware (ya sean propietarios, o bien pertenecientes a cualquiera de los estándares mencionados), es habitual que los parámetros de autenticación se introduzcan en la fase de instalación, y que luego el usuario no tenga que preocuparse de dichos procesos de autenticación.
- Cifrado. Como ya se ha comentado, el aire, medio de transmisión usado en las redes inalámbricas, es un medio compartido y de fácil acceso. Por tanto, es necesario disponer de algunas medidas que impidan que cualquier usuario pueda interceptar las comunicaciones de terceros, o acceder a sus equipos.
  - Para resolver ese problema se utilizan mecanismos de cifrado, que mediante el uso de procedimientos criptográficos y partiendo de una clave conocida únicamente por el usuario legítimo y la red de acceso, impiden que terceros puedan acceder a la información transmitida, ya que dicha información se encontrará cifrada.
  - No se recomiendan mecanismos de cifrado simétricos, en los que todos los equipos de la red de acceso comparten la misma clave, ya que el conocimiento de dicha clave por un atacante tendría como consecuencia que todas las comunicaciones de los usuarios quedarán al descubierto.
  - Se recomiendan por tanto mecanismos de cifrado basados en claves dinámicas, y que sean individuales para cada usuario. Estas claves normalmente se derivan de los procesos de autenticación del usuario en la red (normalmente mediante la introducción de un nombre de usuario y contraseña).
  - Existen también opciones propietarias, presentes sobre todo cuando se usan equipos propietarios para el cliente y la red de acceso.

• **Nivel de disponibilidad de la red:**

- Se recomienda el uso de equipos carrier class (equipos de gama alta que tienen una tasa media de fallo muy baja), los cuales proporcionan un alto nivel de fiabilidad y disponibilidad. Hay que tener en cuenta que el coste de estos equipos es mayor que los de gama SoHo (equipos para uso particular o en pequeñas empresas), pero la inversión está justificada si se quiere dar un servicio de calidad. También hay que tener en cuenta que el uso de equipos carrier class reduce los gastos de mantenimiento de la red.
- Como buena práctica, es recomendable disponer de algunos mecanismos de redundancia que permitan que la red siga funcionando aunque se produzcan fallos parciales en ésta.
- En las ubicaciones en las que el suministro eléctrico no sea estable, es recomendable usar mecanismos, como SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), que reduzcan la probabilidad de la caída de red.

• **Coste del despliegue de la red:** Analizando los requisitos se debe realizar una estimación del coste de la red con las tecnologías disponibles que permitan cumplirlos. Pueden existir varias tecnologías válidas, aunque en esta fase sólo se trata de realizar una estimación inicial que dé un orden de magnitud del proyecto para buscar financiación y reducir/ampliar requisitos dependiendo de la financiación disponible.

• **Coste de mantenimiento de la red:** Éste es un factor muy a tener en cuenta ya que, como en todo sistema, son necesarias una serie de acciones para mantenerlo en funcionamiento. Además, este coste también ha de ser tenido en cuenta para hacer un cálculo previo del importe mínimo que se le debería cobrar a los usuarios en caso de que el operador de la red fuese la propia entidad municipal.

## CLAVES

Las posibles aproximaciones para la realización del estudio de viabilidad son:

- Realizada por el propio ayuntamiento, en caso de disponer de personal con la cualificación necesaria.
- Licitación pública, bien mediante oficina técnica si el proyecto es de mucha envergadura o bien mediante un estudio por parte de una ingeniería.

## Aplicación al caso práctico

En el caso práctico de Antequera el estudio de viabilidad ha sido llevado a cabo por una entidad privada especializada en la materia. Tras analizar los requisitos con los responsables municipales y hacer un estudio detallado del caso se llegan a los siguientes requisitos finales:

• **Cobertura:**

- Según las recomendaciones de la CMT, se aconseja al Ayuntamiento que no se haga despliegue en el núcleo urbano de Antequera, ya que existen operadores de banda ancha que ofrecen el servicio.

- Se decide realizar el despliegue de la red en varias fases. En la primera fase se dará cobertura a los anejos de la zona norte, dejando para una fase posterior la zona sur, que presenta una orografía y unos accesos más complicados. Por tanto, los anejos en los que se desea desplegar red inalámbrica son Los Llanos, Bobadilla, Bobadilla Estación, Colonia Santa Ana y Cartaojal. Se deja también para la segunda fase otro de los anejos de la zona norte (Cañada Pareja) debido a su dificultad de conexión.
- Se decide abordar el proyecto en dos partes diferenciadas:
  - **Red troncal de interconexión de edificios municipales:** Esta red interconectará el Centro de Proceso de Datos (CPD) del Ayuntamiento de Antequera con los edificios municipales de cada uno de los anejos, utilizando para ellos ubicaciones pertenecientes al Ayuntamiento o sobre las cuales tiene permiso para instalar equipos. Esta red permite al Ayuntamiento centralizar sus comunicaciones internas y ofrecer servicios de banda ancha a los usuarios de los edificios municipales.
  - **Piloto de cobertura WIFI en cada una de las pedanías:** Inicialmente, el proyecto se plantea como un piloto que sólo ofrecerá cobertura WIFI en las zonas cercanas a cada uno de los edificios municipales, añadiendo nuevas zonas de forma gradual y según se demande el servicio. Al ser un proyecto piloto con un único punto inicialmente en cada pedanía, se plantea el uso de una red WLAN tradicional, descartando el uso de Mesh porque no aporta ventajas en esta situación pero aumenta considerablemente el coste.
- Los estudios previos realizados confirman la conveniencia de realizar la interconexión entre los edificios de la red troncal mediante el uso de tecnología Pre-WiMAX, ya que las elevadas distancias impiden el uso de tecnología WIFI.

#### • Número de usuarios y ancho de banda:

- Para el cálculo de número de usuarios se tienen en cuenta los siguientes parámetros:
  - Número de viviendas en la zona de cobertura:
    - Cartaojal: 350
    - Los Llanos: 90
    - Bobadilla Pueblo: 80
    - Bobadilla Estación: 300
    - Colonia Santa Ana: 90
  - Porcentaje de usuarios que demandarán acceso:
    - Cartaojal: 20% (70 usuarios)
    - Los Llanos: 10% (9 usuarios)
    - Bobadilla Pueblo: 10% (9 usuarios)
    - Bobadilla Estación: 10% (30 usuarios)
    - Colonia Santa Ana: 10% (9 usuarios)

- Porcentaje de uso simultáneo de la red: 30%

- Cartaojal: 21 usuarios
- Los Llanos: 3 usuarios
- Bobadilla Pueblo: 3 usuarios
- Bobadilla Estación: 10 usuarios
- Colonia Santa Ana: 3 usuarios

- Teniendo en cuenta el número de usuarios simultáneos calculado y que se va a ofrecer acceso con tecnología WIFI (soporta aproximadamente 10-15 usuarios simultáneos por punto), se plantea desplegar el siguiente equipamiento por pedanía:

- Cartaojal: 2 puntos de acceso
- Los Llanos: 1 punto de acceso
- Bobadilla Pueblo: 1 punto de acceso
- Bobadilla Estación: 1 punto de acceso
- Colonia Santa Ana: 1 punto de acceso

- El número de puntos de acceso se extenderá conforme sea necesario dar servicio a más usuarios.
- La red se debe dimensionar para dar a cada usuario un ancho de banda de 256 kbps simétricos.

• **Tipo de servicio:**

- El Ayuntamiento de Antequera estima conveniente permitir el acceso a todos los servicios de Internet (web, correo, mensajería instantánea, ftp...), incluidos los servicios de intercambio de ficheros, los cuales requieren un elevado número de conexiones y podrían afectar al buen funcionamiento de la red. Por esta razón, se desea disponer de los elementos necesarios para acotar el uso de aplicaciones de intercambio de ficheros para restringirlas en caso de que sea necesario.
- El punto de acceso a Internet se instalará en el propio Ayuntamiento. Se contratará una conexión a un proveedor de Internet de 2 Mbps simétricos garantizados.

• **Seguridad:**

- Las alternativas para la encriptación de la señal son:
  - WEP: Se descarta desde el inicio debido a que está probado que es un algoritmo sencillo de romper.
  - WPA-PSK: Es un mecanismo de cifrado seguro que requiere que sea configurada una clave conocida la primera vez que se accede a la red. Este mecanismo ofrece todos los requisitos necesarios para ofrecer el nivel de seguridad deseado:
    - Claves dinámicas y robustas, que varían de forma automática.

- Claves individuales para cada usuario (aunque formalmente se instale una misma clave en ambos extremos de la comunicación).
- WPA/WPA2 con 802.1x: Éste es el mecanismo de seguridad más fiable, ya que necesita autenticación previa en un servidor RADIUS y las claves se asignan dinámicamente por usuario y sesión. No se ha utilizado debido a que requiere la instalación de un cliente 802.1x en los equipos de los usuarios, tarea que se descarta porque complica la instalación de nuevos abonados.
- En cuanto a la parte de acceso a la red (autenticación), se usa una fórmula de portal cautivo a través de controladores de acceso en las distintas ubicaciones. Los nombres de usuario y contraseñas introducidos en esta fase se comprueban en un servidor de autenticación (concretamente, un servidor) que será instalado en el CPD del Ayuntamiento.

• **Nivel de disponibilidad:**

- La red troncal debe ser de alta disponibilidad, por lo que es necesario implementarla con equipos carrier class que ofrezcan una estabilidad muy alta (tiempo medio entre fallos de varios años).
- En la red de acceso (WIFI) debe asegurarse un nivel de disponibilidad adecuado, minimizando el tiempo medio entre fallos de la red. Para lograr esto, se opta por usar equipos WIFI de gama alta, que ofrecen mayores garantías de funcionamiento de forma estable.
- En cuanto a redundancia de equipos o caminos, no se define como requisito, planteando esta posibilidad como una posible mejora a llevar a cabo en acciones futuras, dependiendo de cómo se desarrolle el funcionamiento de la red.

• **Coste del despliegue:**

- Se realiza una estimación del coste basada en un despliegue de red troncal con equipos Pre-WiMAX y un despliegue de red de acceso con tecnología WIFI, teniendo en cuenta el número de equipos definido anteriormente.

• **Coste de mantenimiento:**

- Se realizan estimaciones de los siguientes costes:
  - Acceso troncal a Internet
  - Mantenimiento de la red
  - Coste del personal propio dedicado a la operación de la red
- Teniendo en cuenta los costes anteriores y el número de usuarios que se espera conseguir, se estima que el coste por usuario puede estar entre 10 € y 20 € mensuales (para más detalles, ver apartado 4.5.2).

**4.3.3. Búsqueda de financiación.** Esta fase debe realizarla el ayuntamiento para conseguir la financiación necesaria para ejecutar el proyecto. Está relacionada con las fases anteriores, ya que los requisitos se pueden volver a revisar en función de la financiación disponible.

### CLAVES

- Financiación por parte del ayuntamiento, de sus presupuestos municipales.
- Financiación mediante subvenciones con fondos procedentes de:
  - Unión Europea
  - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
  - Junta de Andalucía
  - Diputaciones Provinciales
- Aportaciones de entidades privadas, asociaciones, etc.

### Aplicación al caso práctico

El Ayuntamiento de Antequera, al ser un municipio relativamente grande en cuanto a población se refiere, no podía acceder a determinadas subvenciones y tampoco se pudo optar a Ciudades Digitales/Ciudades Singulares, por lo que decidió financiar íntegramente el proyecto con fondos propios. Esto redundó en una revisión de los requisitos iniciales para que finalmente fueran los expuestos en el apartado anterior.

**4.3.4. Estudio de la licitación.** Las tareas que se han de realizar para llevar a cabo el proyecto son:

- **Realización del proyecto técnico:** El proyecto técnico contendrá la solución concreta y totalmente definida que cumpla los requisitos obtenidos en las fases anteriores.
- **Construcción de la red:** Implementación de la solución técnica descrita en el proyecto técnico.
- **Explotación de la red:** Una vez que la red está disponible, se disponen los elementos necesarios para que los usuarios puedan utilizarla.

Lo habitual es que los ayuntamientos no dispongan de personal cualificado para llevar a cabo las tareas citadas, y por lo tanto será necesario realizar las contrataciones públicas necesarias. El perfil de empresa para cada una de estas tareas es muy diferente:

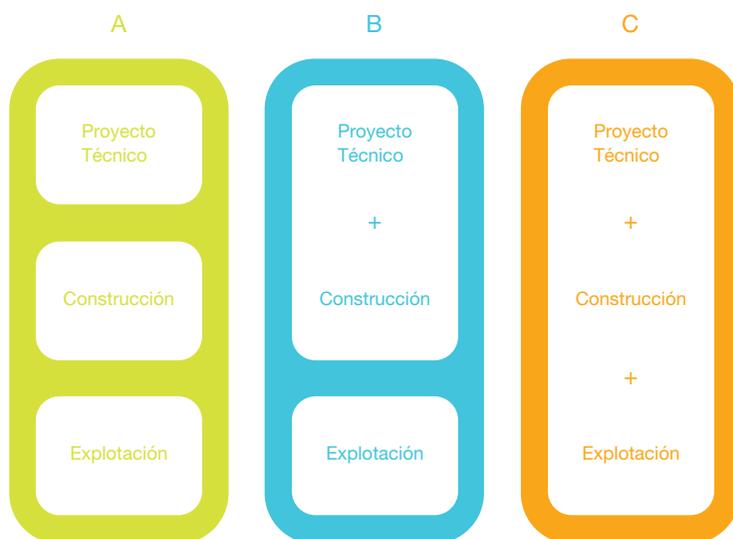
- **Proyecto Técnico:** Debe ser realizado por una ingeniería especializada y con experiencia en despliegues similares. Es recomendable que el proyecto sea realizado por Ingenieros de Telecomunicación, que son los que poseen los conocimientos más adecuados para el despliegue de redes de radiocomunicación. Aunque no es obligatorio, es muy recomendable que el proyecto técnico esté visado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, que garantiza al Ayuntamiento que el proyecto está bien diseñado, se están cumpliendo todas las normativas legales vigentes y está realizado por personal competente en la materia.

- **Construcción de la red:** Esta labor la debe realizar una empresa instaladora acreditada en la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (SETSI) para la instalación de equipo radio<sup>32</sup>.
- **Explotación de la red:** Esta función debe estar ejercida por operadores de telecomunicaciones dados de alta como tales en el registro de operadores de la CMT. Estas empresas deben tener los mecanismos adecuados para ofrecer el servicio de acceso a Internet a los ciudadanos, además de ser capaces de gestionar adecuadamente las altas/bajas/modificaciones de usuarios y ofrecer el soporte técnico necesario.

En la figura siguiente se presentan las tres formas básicas en las que se puede realizar la contratación pública en base a la agrupación de las tareas a realizar:

**Gráfico 27**

Agrupación de tareas a licitar.



- **Tipo A:** Es la forma más adecuada de abordar la licitación ya que permite la contratación de cada una de las partes a las entidades privadas más competentes en cada uno de los ámbitos. Esto último no implica que una misma entidad privada se haga cargo de varias partes si demuestra que tiene la capacidad necesaria para hacerlas. Tiene la desventaja de tener que licitar tres veces y probablemente gestionar con tres proveedores distintos.
- **Tipo B:** En este tipo de licitación se encargaría el proyecto técnico y la construcción a una misma entidad privada. La agrupación de estas dos tareas en una única licitación es, en la práctica, la forma más recomendable de abordar un proyecto, ya que ambas partes están estrechamente relacionadas.

32. Las empresas instaladoras deben estar inscritas bajo el Tipo D: Instalaciones de centros emisores de radiocomunicaciones. El listado de empresas acreditadas puede consultarse en <http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/Secciones/Registro/Instaladores/>

Es habitual la contratación de un proyecto llave en mano que incluya la realización del proyecto técnico y la instalación de la red, donde lo normal es que la empresa de ingeniería subcontrate a una instaladora acreditada por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (SETSI) para despliegues radio. Una vez desplegada la red, se procedería a licitar la explotación de la misma, permitiendo, tal y como aconseja la CMT, que todos los operadores interesados puedan optar a la operación de la red pública en igualdad de condiciones.

- **Tipo C:** Esta forma de licitar implica la contratación de una única entidad privada que lleve a cabo todas las tareas. A priori es la menos adecuada. Según la CMT, cualquier operador privado debería poder acceder a la explotación de una red pública, no pudiendo ser excluido por el hecho de no haber desplegado la red.

Existe también la posibilidad de que sea el propio Ayuntamiento o una empresa pública asociada el que se vaya a encargar de la explotación de la red. Esta situación puede darse por dos casos:

- El propio Ayuntamiento decide que quiere tener el control de la red y ofrecer el servicio por el mínimo coste posible a los usuarios, por lo que opta por explotar la red. En este caso no es necesario licitar la explotación, por lo que sólo sería necesario sacar a concurso el proyecto técnico y la construcción.
- El Ayuntamiento sigue las recomendaciones de la CMT y saca un concurso de explotación de la red, pero ningún operador está interesado en la misma. De esta forma, se asegura que existe un fallo de mercado y la única forma de ofrecer el servicio a los ciudadanos es operando la red el propio Ayuntamiento. Ésta es otra de las razones por la que no es recomendable licitar las tres tareas simultáneamente, ya que es posible que no haya operadores interesados y el concurso completo se declare desierto, siendo necesario volver a realizar una nueva licitación que no incluya explotación.

#### CLAVES

- Siempre que sea posible, se recomienda la licitación del proyecto en tres fases:
  - Concurso técnico (empresa de ingeniería)
  - Concurso instalación (empresa instaladora)
  - Concurso de explotación (operadora)
- A nivel práctico, lo usual es unir proyecto técnico y de instalación, debido a que ese tipo de solución permite responder mejor ante posibles modificaciones durante la ejecución del proyecto (ya sean de carácter logístico, operativo, funcional, etc).

#### Aplicación al caso práctico

En el caso práctico de Antequera se sacan a concurso público y de forma separada las partes correspondientes al proyecto técnico y a la construcción de la red. La explotación no se saca a concurso, ya que el Ayuntamiento decide que sea una empresa pública asociada a él la que desempeñe las labores de operación de la red.

**4.3.5. Proyecto técnico.** El proyecto técnico debe contener la solución técnica detallada a los requisitos planteados para el despliegue de la red. Para asegurar la calidad y cumplimiento de normativas, y aunque no es obligatorio en este caso, es recomendable que el proyecto esté visado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, lo cual implicaría a su vez que el proyecto debería ser realizado por un Ingeniero de Telecomunicación.

Las soluciones técnicas para este tipo de proyectos se suelen dividir en dos partes:

- **Red Troncal:** Es la red que interconecta las distintas ubicaciones y la que soporta el tráfico agregado de todos los usuarios. Parte desde el lugar en el que se tiene acceso a Internet hacia todas las ubicaciones en las que se quiere prestar el servicio.
- **Red de acceso:** Es la red a la que se conectan los usuarios directamente. Ésta tiene mayor capilaridad que la red troncal, ya que tiene que llegar a los usuarios finales.

En esta fase del proyecto es necesario definir las tecnologías más adecuadas que se van a implementar en la red, teniendo en cuenta las tecnologías disponibles en el momento de su desarrollo y su adecuación a los requisitos de la red. En el apartado 4.1 se vieron en detalle las distintas posibilidades tecnológicas que se pueden usar.

Los puntos que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar tecnología son:

- **Red Troncal:** Hay que analizar el ancho de banda que debe soportar, las distancias de los distintos puntos a interconectar, el nivel de redundancia que se desea, etc. Éste es el núcleo principal de la red y se debe garantizar su funcionamiento sin interrupciones, por lo que se recomienda utilizar tecnología Pre-WiMAX en banda libre que permite distancias elevadas con un grado de estabilidad muy alto.
- **Red de Acceso:** Tal y como se vio en el apartado 4.1, existen diferentes tecnologías que se pueden utilizar y que dependerán de los requisitos iniciales: WIFI, redes mesh, soluciones propietarias, etc.
- **Centro de Datos:** Se debe dimensionar el centro de datos de acuerdo a los requisitos iniciales: servidores, routers, firewalls, etc.
- **Acceso troncal a Internet:** Se debe escoger en función del ancho de banda ofrecido a los usuarios y el número de usuarios que se prevén en la red. Tal y como se comentó en el apartado 2.4, no se recomienda el uso de tecnología ADSL para el acceso troncal.

Los contenidos mínimos que debería incluir un proyecto técnico para el despliegue de una red inalámbrica son los siguientes:

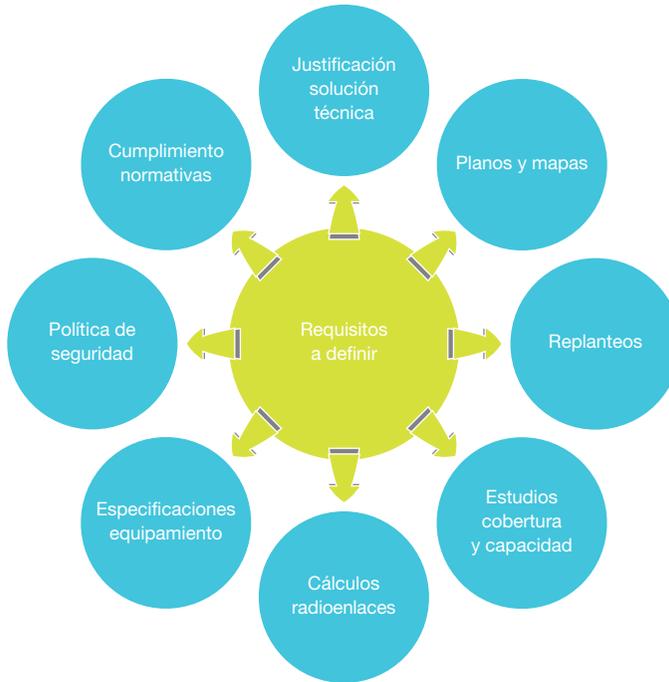
- **Estudio de requisitos y justificación de la solución técnica adoptada:** El contenido de este apartado debería especificar claramente y punto por punto los requisitos planteados para la red y basándose en ellos, proponer una solución.
- **Planos y mapas de las ubicaciones:** Para especificar lo más detalladamente posible las áreas de interés a las que se desea proporcionar cobertura inalámbrica, la mejor solución es incorporar planos y mapas de la zona, donde se pueda especificar de manera clara las ubicaciones que son necesarias interconectar, las zonas donde se pretende dar cobertura y ubicaciones previstas para el equipamiento.

- **Replanteos de las distintas ubicaciones:** Debe contener información concreta y específica de cada uno de los sitios donde se han de colocar los equipos de la red (tanto troncal como acceso), así como fotos de los lugares implicados en la instalación. Es necesario indicar dónde y cómo se van a instalar los equipos, el cableado necesario, la alimentación eléctrica, etc.
- **Estudio de cobertura y capacidad:** Es muy importante tener en cuenta los niveles de señal con los que se prevé dotar a las áreas donde operará la red inalámbrica, de manera que se pueda discernir a priori si la solución técnica propuesta cumple los requisitos de cobertura especificados. Esta parte es especialmente importante para la red de acceso a la que se conectarán los usuarios. Para ello, es recomendable que se emplee un software adecuado de planificación de radiofrecuencia que ofrezca una estimación adecuada de la cobertura de la red.
- **Cálculo de radioenlaces y estimación del ancho de banda obtenido:** Para la red troncal, sobre todo si las distancias son elevadas, se debe realizar un estudio detallado de cada uno de los radioenlaces que es necesario implementar. Este estudio debe incluir los perfiles orográficos del enlace (para comprobar si existe línea de visión) y los cálculos necesarios para comprobar si el enlace es viable. Gracias a estos cálculos se obtendrá una estimación previa de los niveles de señal que se tendrán en cada uno de los puntos que se quieran interconectar. Esta estimación, junto con las características técnicas de los equipos, hará posible estimar a priori cual será el throughput o velocidad real que se obtendrá.
- **Características técnicas de los equipos propuestos:** Se debe adjuntar al menos un resumen de las características más relevantes del equipamiento que se va a utilizar en la solución, incluyendo como mínimo aquellas características que hacen referencia a los requisitos que se deben cumplir.
- **Cumplimiento de requisitos de seguridad:** Se debe incluir la política de seguridad que se utilizará en la red proyectada, tanto en la red troncal (para la conexión entre equipos), como en la red de acceso para garantizar la seguridad a los usuarios finales.
- **Cumplimientos de normativas:** Debe quedar patente en el proyecto cómo se cumplen las normativas vigentes, sobre todo en cuanto a las notas de Utilización Nacional (ver apartado 3.2 del presente documento) para las bandas de frecuencias que se pretenden usar en el despliegue y al Real Decreto 1066/2001. Se ha de verificar que todas las coberturas obtenidas están dentro de los límites de potencia establecidos por la ley, tanto en la red troncal como en la red de acceso.
- **Mecanismos AAA:** En el proyecto se ha de incluir el equipamiento necesario para poder llevar a cabo las acciones de autorización, autenticación y auditoría del uso de la red por parte de los usuarios.

El siguiente diagrama resume cuales han de ser los contenidos que debería tener un proyecto técnico.

### Gráfico 28

Contenidos del proyecto técnico.



### CLAVES

- El proyecto técnico debe estar realizado por una empresa de ingeniería competente, o bien portécnicos propios del ayuntamiento con la cualificación y conocimientos adecuados.
- Es recomendable que esté visado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Debe incluir en detalle la solución técnica adecuada para cumplir los requisitos especificados en las fases anteriores.

### Aplicación al caso práctico

A continuación, se describirá brevemente la solución técnica llevada a cabo en Antequera y los elementos que se han incluido en el proyecto técnico.

Inicialmente, el ámbito territorial de cobertura de esta red estará formado por los núcleos poblacionales de las siguientes pedanías, todas ellas en el término municipal de Antequera:

- Cartaojal
- Bobadilla Estación
- Bobadilla Pueblo
- Llanos de Antequera
- Colonia Santa Ana

La red a explotar está compuesta por dos subredes de naturaleza distinta:

- **Red Troncal:** Es una red que une el CPD instalado en el Ayuntamiento de Antequera con los edificios municipales de las 5 pedanías. La principal función de esta red es dotar de acceso a Internet a los 5 edificios municipales, donde se instalarán ordenadores a disposición de los habitantes de la pedanía, constituyendo una red de uso privado.
- **Red de Acceso de Usuarios:** Aprovechando la conexión a Internet en los edificios municipales de cada pedanía, se va a ofrecer acceso a Internet mediante tecnología inalámbrica (WIFI) a los habitantes que se encuentren en las inmediaciones del edificio, ya que se instalará un punto de acceso inalámbrico en cada uno de los edificios (dos en el caso de Cartaojal). Esta red es de uso público y se facturará a los usuarios por el uso de la misma, cumpliendo con todo lo establecido en el reglamento para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de la Ley General de Telecomunicaciones.

Tanto la red troncal como la red de acceso de usuarios son propias en su totalidad y casi todos los equipos necesarios están ubicados en edificios o emplazamientos de titularidad municipal. Debido a que no es posible técnicamente la conexión directa con varias de las pedanías debido a obstáculos en el terreno, es necesario que el Ayuntamiento de Antequera llegue a un acuerdo con el propietario de una parcela donde hay que instalar una pequeña torreta en la que se colocarán los equipos de la red troncal. Esto se plasma en el proyecto técnico y se advierte al Ayuntamiento de Antequera de que debe cerrar el convenio con el propietario, ya que de ello depende el diseño.

Para implementar la red sin necesidad de solicitar una licencia para el uso del espectro, se usará tecnología inalámbrica en bandas de uso no licenciado 2,4 GHz para acceso WIFI y 5 GHz para troncal, cumpliendo las restricciones de potencia según CNAF UN-85 y UN-128 respectivamente.

La red troncal parte desde el Ayuntamiento como punto principal, ya que es en ese lugar donde se instalará el CPD con el acceso troncal a Internet y los servidores necesarios para gestión y autenticación. No es posible la interconexión directa de todas las pedanías con el Ayuntamiento, ya que no existe línea de visión directa entre los puntos, además de que las distancias son muy elevadas en algunos casos. Para poder realizar la interconexión ha sido necesario el uso de varios puntos intermedios:

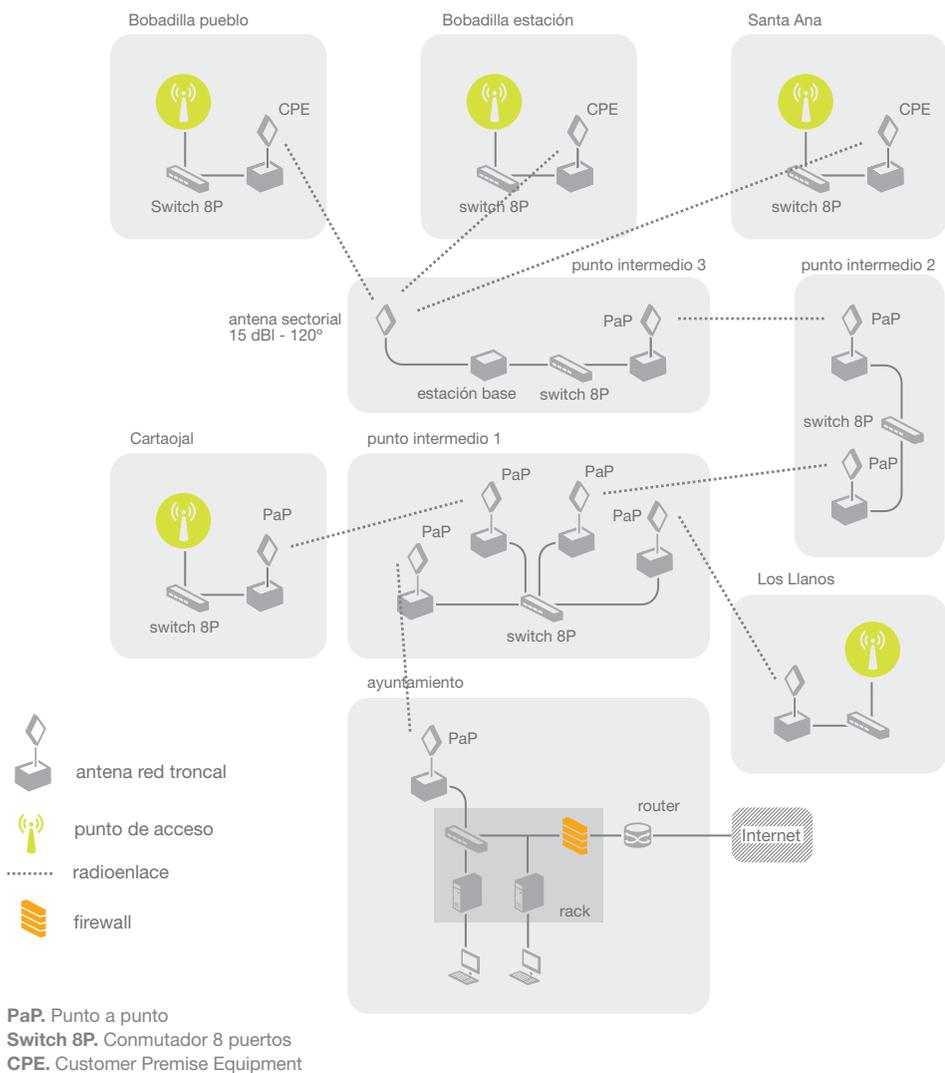
- **Punto Intermedio 1:** Es un lugar cercano al Ayuntamiento y que está en una posición elevada desde la que se tiene visibilidad directa con algunos de los puntos a interconectar. Este punto se conecta con el Ayuntamiento y es el punto central de la red, ya que desde aquí se parte hacia todas las pedanías. Los Llanos y Cartaojal pueden conectarse directamente desde aquí con enlaces punto a punto. Para las otras tres pedanías, es necesario usar otros puntos intermedios, ya que la visión está obstruida por varias colinas.
- **Punto Intermedio 2:** Este punto intermedio es necesario para poder llegar desde el Punto Intermedio 1 hasta el Punto Intermedio 3, que es el que se usará para conectar las 3 pedanías restantes.

- **Punto Intermedio 3:** Desde este punto se tiene visibilidad con las tres pedanías restantes (Bobadilla Pueblo, Bobadilla Estación y Santa Ana). Se instalará en este punto una estación base Pre-WiMAX y en cada una de las pedanías un cliente remoto que se conectará a la estación base. Se establece un enlace punto a punto con el Punto Intermedio 2 para tener conectividad con la red troncal.

A continuación se muestra un diagrama esquemático de la red que se propone implementar:

**Gráfico 29**

Diagrama de Red de Antequera.



En la red se incorporan además servidores específicos para la gestión de la red (basada en una solución SNMP) y para la gestión de usuarios (usando servidor RADIUS).

La seguridad en las comunicaciones está garantizada de distintas formas:

- Los equipos usados para las redes troncales primarias y secundarias usan encriptación avanzada (algoritmo AES).
- Los equipos usados en la red de acceso están configurados para ofrecer encriptación avanzada (WPA) con clave dinámica por sesión y usuario.

Para la Red troncal se han usado equipos Pre-WiMAX que trabajan en la banda libre de 5 GHz (UN-128). Son equipos denominados carrier-class, que ofrecen niveles muy elevados de fiabilidad y estabilidad. Sus características principales son:

- Funcionan en la banda de 5 GHz y pueden alcanzar distancias de hasta 20 kilómetros cumpliendo la limitación de potencia impuesta por el CNAF.
- Son capaces de funcionar cuando no existe línea de visión entre los puntos aprovechando los rebotes en los objetos para iluminar zonas de sombra.
- Pueden implementar mecanismos de calidad de servicio y garantizar un ancho de banda determinado.
- Al ser equipos carrier-class su fiabilidad está garantizada.
- Capacidades de seguridad mejoradas, gracias al uso del nuevo estándar de encriptación AES.
- Incorporan control automático de la potencia recibida.
- Disponen de plena capacidad para operar en exteriores, al estar formados por un módulo de interiores y otro módulo de exteriores diseñado específicamente para operar a la intemperie.

La red de acceso debe facilitar el acceso de la forma más sencilla posible a los usuarios finales, por lo que se implementa una red basada en 802.11g (WiFi). Los equipos instalados tienen las siguientes características principales:

- Funcionamiento en banda libre de 2,4 GHz, con emisiones por debajo de 100 mW P.I.R.E. (según la norma UN-85).
- Compatible con los estándares 802.11b y 802.11g.
- Certificado WPA (WIFI Protected Access) y autenticación mutua 802.1x.
- Claves de encriptación dinámicas por usuario y por sesión.
- Autenticación usando portal cautivo.
- Gestión de ancho de banda vía RADIUS, permitiendo asignar a cada usuario un ancho de banda diferente. Este ancho de banda no es garantizado, sino que es el límite máximo permitido para cada usuario, para que no existan abusos en el uso de la red.
- Antena omnidireccional exterior.
- Soporte de redes virtuales en el interfaz inalámbrico, permitiendo la creación de redes separadas. Esta característica es útil si se quiere usar la red de acceso simultáneamente para usuarios finales y para usuarios del Ayuntamiento. No se implementa en el proyecto de Antequera.
- Bloqueo intra-celda para prevenir accesos no permitidos entre clientes, de forma que dos usuarios que estén conectados a un mismo punto de acceso no pueden verse entre ellos.
- Interfaces de gestión seguros (SNMPv3, SNMP sobre VPN, SSL y SSH).

En cuanto al acceso troncal a Internet, se recomienda al Ayuntamiento de Antequera la instalación de un acceso ATM de 2 Mbps simétricos garantizados en el Centro de Proceso de Datos del Ayuntamiento.

Adicionalmente a los puntos de acceso, se propone un sistema de gestión y control de usuarios formado por los siguientes componentes:

- **Sistema de gestión:** Se trata de un servidor con sistema operativo Microsoft Windows con un sistema de gestión basado en SNMP. Este servidor monitoriza todos los componentes hardware de la red para localizar posibles problemas.
- **Sistema de control de usuarios:** Servidor RADIUS para control de los usuarios, realizando tareas de autenticación, autorización y tarificación.
- **Firewall:** Cortafuegos instalado entre el router de acceso a Internet y la red desplegada. Evita accesos indeseados desde Internet a los usuarios de la red operada.

Los contenidos principales del proyecto técnico para el Ayuntamiento de Antequera se describen a continuación:

- **Estudio de requisitos y justificación de la solución técnica adoptada:** Se incluyen los requisitos aprobados por el Ayuntamiento de Antequera y se detalla la solución técnica propuesta.
- **Planos y mapas de las ubicaciones:** Se incorporan mapas de las distintas localizaciones, incluyendo aquellos puntos intermedios que se deben utilizar. En el siguiente ejemplo, se puede ver que además de las 5 pedanías y el Ayuntamiento de Antequera, se incluyen los tres puntos intermedios necesarios para la red troncal.

---

### Gráfico 30

Ortofoto con enlaces a realizar.



- **Replanteos de las distintas ubicaciones:** Se incluye información detallada de cada una de las localizaciones donde es necesario implantar equipos, añadiendo fotografías explicativas.

---

**Gráfico 31**

Emplazamiento para posible ubicación de equipos.



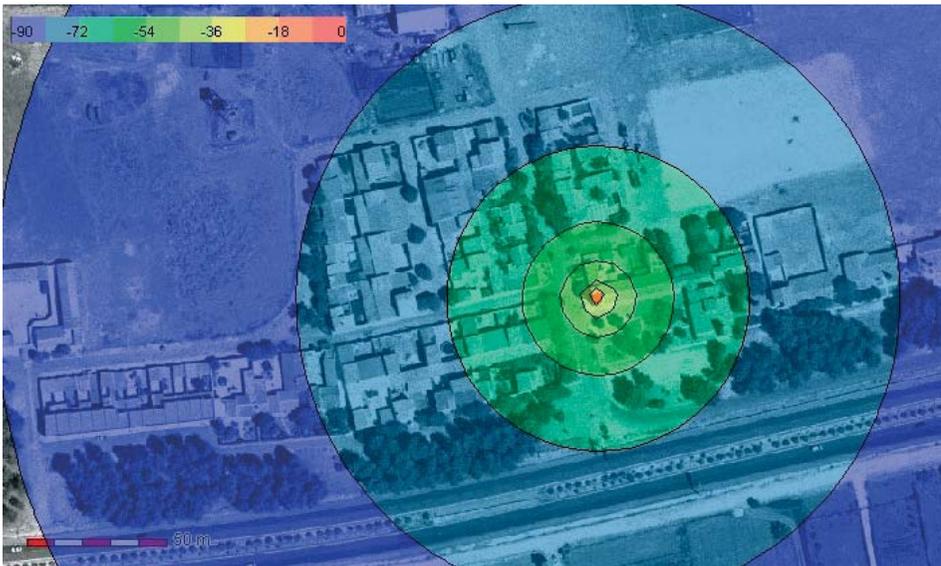
- **Estudio de cobertura y capacidad:** Se realiza un estudio inicial de la cobertura prevista en cada una de las pedanías, teniendo en cuenta los equipos utilizados, el tipo de antenas y la potencia máxima permitida. En la siguiente figura se puede ver una simulación de la cobertura que se obtendrá en una de las pedanías con el punto de acceso WiFi instalado en el edificio municipal. En las tres primeras zonas concéntricas, es muy probable que un usuario con un cliente WiFi estándar conectado

a su ordenador se pueda conectar dentro de su casa. Conforme aumenta la distancia con el punto de acceso, sería necesario el uso de un cliente WiFi con antena externa para poder conectarse. Las zonas que no aparecen coloreadas no tienen conectividad asegurada con el punto de acceso.

---

### Gráfico 32

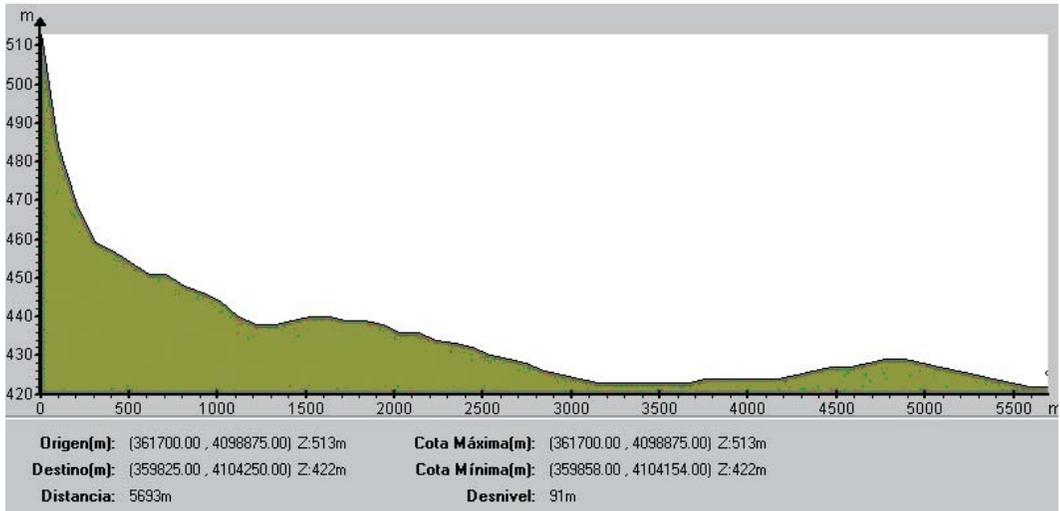
Ejemplo de diagrama de cobertura.



- **Cálculo de radioenlaces y estimación del ancho de banda obtenido:** Debido a que la red troncal está formada por enlaces de larga distancia (cerca de 14 Km. el más lejano), se estudian los perfiles orográficos de cada uno de los enlaces para ver su viabilidad y se realizan cálculos para analizar si es posible realizarlos con la tecnología propuesta. En estos cálculos se tienen en cuenta factores como la ganancia de las antenas, las pérdidas introducidas por los cables, la distancia, la frecuencia utilizada, la sensibilidad de los equipos, etc. Siempre que el margen de desvanecimientos (diferencia entre el nivel de señal recibido y el nivel mínimo necesario) sea positivo, el enlace es viable. Con esta tabla también se puede comprobar que no se está sobrepasando el límite legal de potencia (en este caso 1 W – 30 dbm).

**Gráfico 33**

Perfil del terreno para cálculo del radioenlace.



**Gráfico 34**

Cálculo del radioenlace.

Ref.	Descripción	Datos	Datos
1	Ubicación	Punto Intermedio 1	Los Llanos
2	Tipo de Antena	Plana	Plana
3	Ganancia de la antena (dBi)	21	21
4	Tipo de cable	UTP Cat5e Ext.	UTP Cat5e Ext.
5	<b>Pérdidas en el cable (dB/100m)</b>	0,00	0,00
6	Longitud del cable (m)	15	15
7	<b>Pérdidas en el cable (dB)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
8	Pérdidas en los conectores (dB)	0	0
9	Otras pérdidas (dB)	0	0
10	Pérdidas por desviación respecto al máximo del diagrama de radiación (dB)	0	0
11	Distancia (Km)	5,69	
12	Frecuencia (GHz)	5,4	
13	<b>Atenuación en espacio libre (dB)</b>	<b>122,20</b>	
14	1ª Zona de Fresnel (m)	8,88	
	60% 1ª Zona de Fresnel (m)	5,33	
16	Tipo de radio	Pre-WiMAX	Pre-WiMAX
17	Potencia de transmisión (dBm)	9	9
18	<b>Nivel de señal recibido (dBm)</b>	<b>-71,20</b>	<b>-71,20</b>
19	<b>Potencia Radiada Isotrópica Equiv. (PIRE) (dBm)</b>	<b>30,00</b>	<b>30,00</b>
20	Sensibilidad (dBm)	-89	-89
21	<b>Margen de desvanecimientos (dB)</b>	<b>17,80</b>	<b>17,80</b>

- **Características técnicas de los equipos propuestos:** Se incluyen todas las características detalladas de los equipos propuestos, así como información adicional del fabricante (hojas de características, prestaciones, certificados de normativas europeas y españolas, etc.).
- **Cumplimiento de requisitos de seguridad:** Se especifican los mecanismos que se van a utilizar para garantizar la seguridad de las comunicaciones en la red: Encriptación AES en la red troncal y WPA en la red de acceso.
- **Cumplimiento de normativas:** Se incluyen todos los cálculos necesarios para comprobar que se están cumpliendo todas las normativas vigentes, con especial atención a las notas de utilización nacional del CNAF y el Real Decreto 1066/2001.

### Gráfico 35

Ejemplo cumplimiento RD 1066/2001.

#### 4.6 Emisiones radioeléctricas

##### 4.6.1 Equipos de la Red Troncal Primaria y Secundaria

Cálculos de los niveles de emisión radioeléctrica según el R.D. 1066/2001 y la Orden CTE/23/2002 de 11 de enero de 2002.

$$D_{\text{min}} = \sqrt{\frac{M \cdot P_{\text{PIRE}}}{4 \cdot \pi \cdot S_{\text{max}}}} \\ P_{\text{PIRE}} = P_i \cdot 10^{0,1 \cdot G_{\text{ANT}} - 1 \cdot L_{\text{CABLES}}} \cdot 10^{10}$$

- $P_{\text{PIRE}}$ : Potencia total transmitida en W
- M: es 4 si se considera reflexión total de un rayo, es 2,56 si se consideran las condiciones de reflexión, y es 1 si no se considera reflexión (tomaremos 4 como valor más restrictivo)
- $S_{\text{max}}$ : Densidad de potencia máxima permitida del servicio en  $W/m^2$ . Para equipos que emiten entre 2 y 300 GHz, el nivel de referencia es de 10  $W/m^2$  (R.D. 1066/2001).
- $G_{\text{ANT}}$ : Ganancia de la antena transmisora.
- $L_{\text{CABLES}}$ : Pérdida de los cables. Habría que sumar las pérdidas por el splitter en caso de ser usado.
- $P_i$ : Potencia de salida en W (punto de acceso).

La mayoría de los equipos instalados utilizan antenas integradas de 21 dBi, sin pérdidas en los cables, excepto la estación base que usa una antena externa de 15 dBi. En cualquier caso, la PIRE en ningún caso sobrepasa los 30 dBm (1 W) por lo que se utilizará este valor para el cálculo de la distancia de seguridad.

Nivel de referencia ( $S_{\text{max}}$ permitida)	10 ( $W/m^2$ )
Potencia por canal	1W
Número de canales simultáneos	1
Ganancia de la antena	15 - 21 dBi
Pérdidas en los cables	0-2 dB
P.I.R.E	1W
Factor de reflexión	4
Distancia de seguridad	18 cm

La distancia de seguridad resultante de 18 cm quedará cubierta por la ubicación de los equipos en zonas altas y exteriores de los edificios.

- **Mecanismos AAA:** Se especifican los equipos incluidos en el proyecto para realizar las labores de autenticación, autorización y auditoría (uso de servidores RADIUS).

El proyecto presentado al Ayuntamiento de Antequera por la empresa seleccionada está visado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

### Gráfico 36

Portada proyecto visado.

LIBERA Proyecto Técnico – Interconexión pedanías Antequera	
<b>PROYECTO TÉCNICO</b> <b>SUMINISTRO DE INFRAESTRUCTURA DE RED INALÁMBRICA MUNICIPAL PARA INTERCONEXIÓN ENTRE AYUNTAMIENTO DE ANTEQUERA Y ANEJOS DE LA ZONA NORTE</b>	
Descripción del proyecto	Proyecto técnico de despliegue de red inalámbrica: - Tipo de despliegue: Exterior - Tipo de red: Privada/Pública
Localización	E1.1: Ayuntamiento de Antequera (Antequera – Málaga) E1.2: Bobadilla Estación (Antequera – Málaga) E1.3: Bobadilla Pueblo (Antequera – Málaga) E1.4: Cartaojal (Antequera – Málaga) E1.5: Colonia Santa Ana (Antequera – Málaga) E1.6: Los Llanos (Antequera – Málaga) E1.7: Ermita (Punto intermedio) (Antequera – Málaga) E1.8: Olivar (Punto intermedio) (Antequera – Málaga)
Identificación del cliente	Ayuntamiento de Antequera C/ Infante Don Fernando, 67 – 29200 Antequera CIF: P-2901500E Teléfono: 952708102
Datos del proyecto	Dirección de Proyecto y Diseño: Libera Networks Instalación: Sosein Telecomunicaciones Mantenimiento: por determinar
Autor del proyecto técnico	Mario Casado Mancha Ingeniero de Telecomunicación Avda. Juan López Peñalver, 21. PTA 29590 Campanillas (Málaga) Teléfono: 951010529 Fax: 951010542 Correo electrónico: mario.casado@libera.net Número Colegiado: 13.384
Empresa	Libera Networks, S.L.L. Avda. Juan López Peñalver, 21. PTA 29590 Campanillas (Málaga) CIF: B92448335 Teléfono: 951010529 Fax: 951010542
Fecha de Presentación	Málaga, a 19 de Julio de 2005
FIRMA:	<b>VISADO DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN</b>

**4.3.6. Construcción de la red.** La fase de construcción es en la que se llevarán a cabo las labores de instalación de todo el equipamiento definido en el proyecto técnico. Esta fase debe ejecutarse por una empresa instaladora que cumpla los requisitos establecidos en Reglamento aprobado por el Real Decreto 401/2003 de 4 de abril. A continuación se enumeran estos requisitos:

- Debe estar inscrita en el Registro de Empresas Instaladoras de Telecomunicación de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.
- Debe aparecer registrada al menos como una empresa instaladora de tipo D, lo cual quiere decir que está preparada para realizar instalaciones de centros emisores de radiocomunicaciones<sup>33</sup>.

Aunque esta fase se licite de forma independiente a la fase de Proyecto Técnico es conveniente que la misma empresa que realice el proyecto técnico supervise la instalación de la red, ya que es posible que sea necesario hacer modificaciones sobre el proyecto original por imprevistos que puedan surgir: no disponer de permisos en los lugares seleccionados, modificaciones en los equipos por avances tecnológicos, etc.

A la empresa que realice los trabajos de construcción de la red se le debe exigir que exista una documentación de fin de instalación con la que poder verificar que los trabajos han sido llevados a cabo de manera correcta. Esta documentación debería incluir, al menos, los siguientes puntos:

- **Listado del equipamiento instalado:** Especificación del material y el equipamiento que se ha usado en la instalación.
- **Ubicación definitiva y exacta de cada uno de los equipos instalados:** Mediante planos y/o fotografías debe quedar claro el lugar en el que se ha llevado a cabo la instalación del equipamiento.
- **Verificación de las normas generales de instalación:** Listado con las acciones llevadas a cabo para la instalación y verificación de que éstas se ajustan a la normas generales de instalación:
  - Tipo de cable de red utilizado, categoría, aislamiento, verificación de los conectores y sellado conveniente de éstos.
  - Tipo de cable de RF empleado, pérdidas que introduce, verificación y sellado de los conectores, y uso de antirrayos en caso de que sea necesario.
  - El cableado eléctrico debe cumplir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión<sup>34</sup>; no deben existir cables sin cubrir; se deben usar cajas estancas en el exterior, y siempre debe ir separado del cableado de red.
  - Se deben elegir mástiles y soportes adecuados para los equipos, y fijarlos de manera perfecta a la estructura. Se aconseja usar vientos en caso de que los mástiles tengan más de tres metros de altura.
  - Las antenas deben estar bien fijadas a los soportes o mástiles, debiendo tener una alineación adecuada y una buena colocación que ofrezca la menor resistencia al viento posible.
- **Documentación gráfica de la instalación:** Documentación gráfica que permita verificar que la instalación ha sido llevada a cabo correctamente.
- **Diagramas de red:** Diagramas de red que recojan de forma gráfica la instalación realizada con todos los parámetros importantes (direcciones IP, nombre de los equipos, localización, VLAN, etc.).
- **Configuración detallada de los equipos:** Parámetros más relevantes con los que han sido configurados los equipos.

---

33. El listado de empresas acreditadas puede consultarse en <http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/Secciones/Registro/Instaladores/>

34. REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE núm. 224 del miércoles 18 de septiembre.

- **Niveles de señal y de interferencia obtenidos:** Medidas de señal obtenidas y comparación con los valores calculados en el proyecto técnico y los requisitos iniciales.
- **Pruebas de conectividad:** Pruebas destinadas a verificar el correcto funcionamiento de la red. Las principales medidas a llevar a cabo son medidas de ancho de banda obtenido y de retardo.

### CLAVES

- Es obligatorio comprobar que la empresa instaladora esté inscrita en el registro de instaladores de la SETSI para instalaciones de radio comunicaciones (Tipo D) y disponga de personal cualificado (trabajos en altura) y de Plan de Riesgos Laborales apropiado.
- Es recomendable que la fase de construcción esté supervisada por la empresa que ha realizado el Proyecto Técnico.
- Se debe exigir una documentación de fin de instalación o certificación de obra que incluya todos los detalles de la misma.

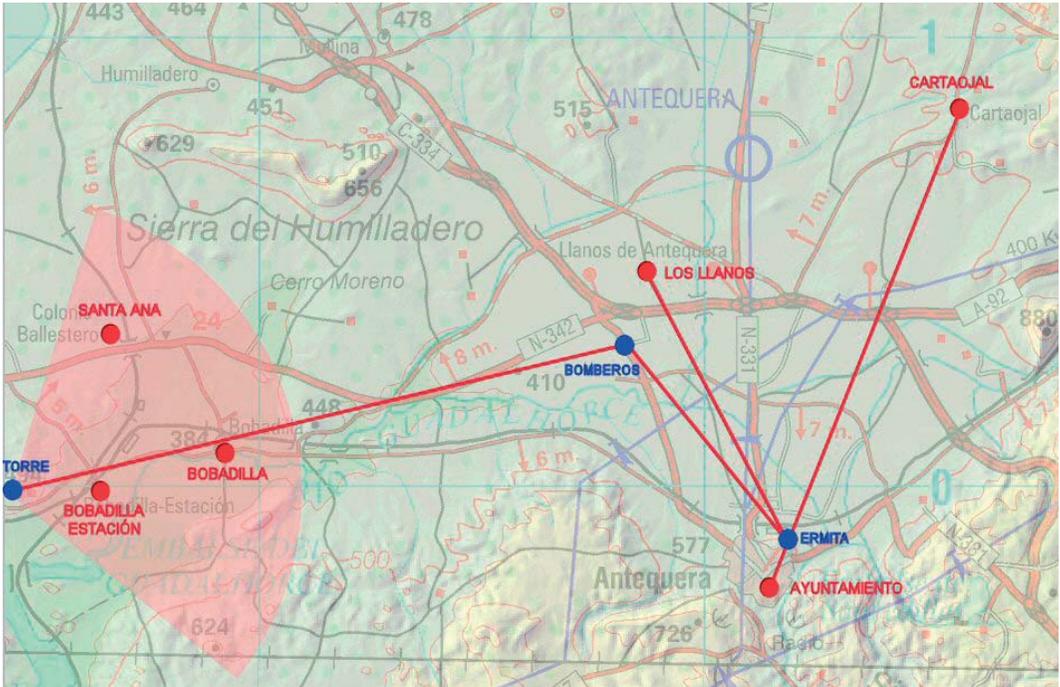
### Aplicación al caso práctico

En el Ayuntamiento de Antequera, la fase de construcción de la red se licita de forma independiente a la del proyecto técnico. La empresa que presenta la mejor opción y a la que se le adjudica el contrato es la misma que realizó el proyecto técnico. Esta empresa de ingeniería incluye para el proyecto de construcción la colaboración con una empresa instaladora inscrita en la SETSI como tipo D (Instalaciones de equipos de radio comunicaciones). La ventaja de que lo gestione la misma empresa es que se pueden realizar cambios sobre la marcha si hay modificaciones y la configuración, puesta en marcha y pruebas finales de los equipos está realizada por ingenieros cualificados.

Al finalizar la instalación, al Ayuntamiento de Antequera se le entrega una completa documentación donde se refleja el proyecto realizado y la configuración final de los elementos. Se incluyen diagramas de red y fotos de los equipos instalados en cada una de las ubicaciones.

**Gráfico 37**

Esquema definitivo de la red troncal.



**Gráfico 38**

Ejemplos de instalaciones.



**4.3.7. Explotación de la red.** Una vez desplegada la red es necesario ofrecer el servicio a los usuarios. Tal y como se detalla en el apartado 4.3.4 sobre la licitación de los trabajos a realizar, la red la puede explotar la propia Administración Pública o una entidad privada.

Según las recomendaciones de la CMT, lo adecuado es que el ayuntamiento en primer lugar intente que sea un operador privado el que explote la red, preservando de esta manera la libre competencia en el mercado.

La entidad municipal es libre de imponer una serie de condiciones a las empresas interesadas en operar la red (siempre sin vulnerar la libre competencia). Por ejemplo:

- La empresa debe estar inscrita en el registro de operadores de la CMT<sup>35</sup>.
- Se debería establecer un canon anual por el uso de la red. Este canon debería calcularse al menos para que no se financien con dinero público los costes recurrentes de la red (mantenimiento, acceso a Internet, etc).
- Se pueden establecer precios máximos para la cuota de acceso a Internet de los usuarios.
- Se pueden exigir unos niveles mínimos de calidad de servicio y soporte técnico a los usuarios.

En el caso de que no haya ninguna empresa interesada en explotar la red, será el propio Ayuntamiento el que la explotará, pudiendo hacerlo de dos maneras:

- La propia entidad municipal, aunque manteniendo separación de cuentas.
- A través de una empresa pública municipal. Es la opción recomendable, ya que permite mayor flexibilidad y es más fácil hacer la separación contable necesaria.

Independientemente de la forma elegida para explotar la red, la entidad pública que lleve a cabo la explotación debe darse de alta como operador. El procedimiento necesario se verá con detalle en el apartado 4.4.

Por otra parte, en caso de que sea una entidad pública la que va a operar la red, también es necesario establecer un plan de negocio de explotación de la red. Este tema se tratará ampliamente en el apartado 4.5.

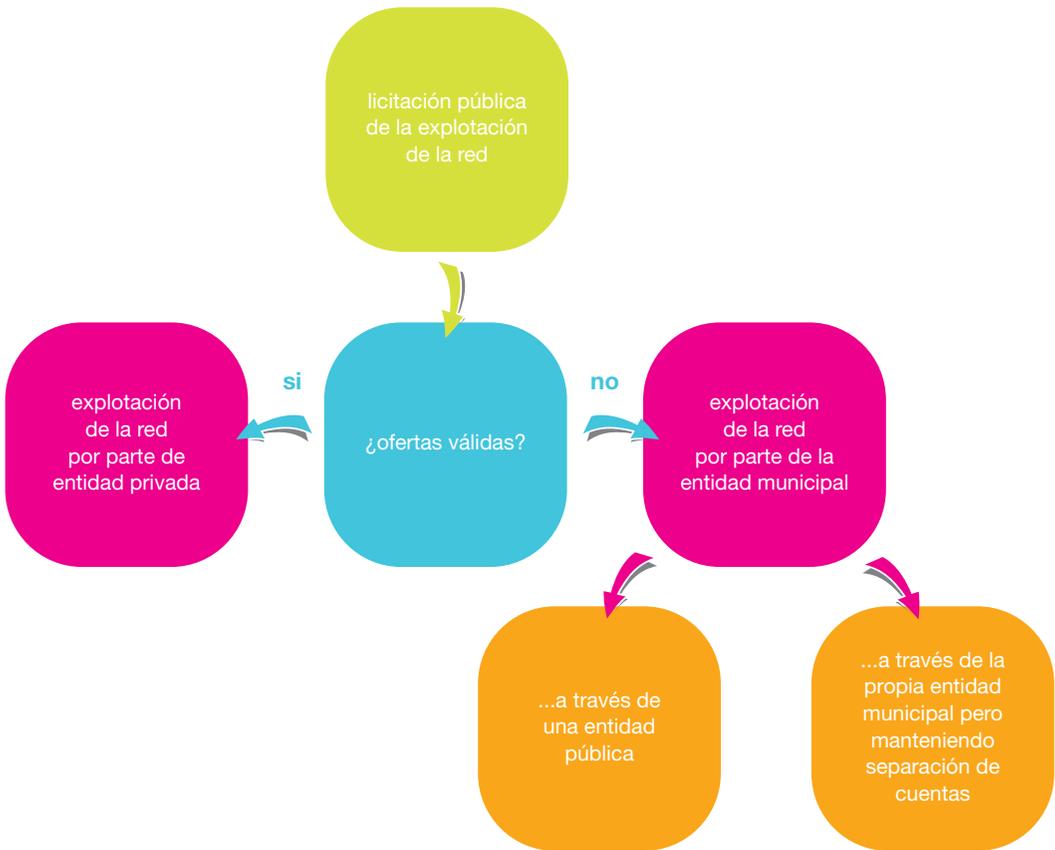
En el siguiente cuadro se puede ver de forma esquemática el flujo de decisión.

---

35. Se puede consultar si la empresa está inscrita como operador en <http://www.cmt.es>.

**Gráfico 39**

Cuadro de decisión sobre la explotación de la red.



## CLAVES

- Destacar que las redes consideradas suelen ser propiedad del ayuntamiento.
- Comprobar si existen operadores disponibles en la zona donde se va a desplegar la red.
- No vulnerar el principio de la libre competencia.
- Si existen operadores en la zona, se recomienda conceder la explotación de la red a una empresa privada, a través del consiguiente concurso de adjudicación.
- En caso de que no existan operadores disponibles, se recomiendan actuaciones en el sentido de fomentar la presencia de dichos operadores.
- En última instancia, podrá erigirse el ayuntamiento como operador con el fin de garantizar la presencia de al menos un operador que ofrezca los servicios.
- Si finalmente el ayuntamiento (o una empresa pública) va a explotar la red, es necesario darse de alta como operador mediante comunicación a la CMT.

### Aplicación al caso práctico

En Antequera, la explotación de la red es llevada a cabo por una empresa pública municipal, SPERACSA (Sociedad para la Promoción y Explotación de los Recursos de Antequera y su Comarca, S.A.). Esta empresa ha realizado todos los trámites necesarios para darse de alta como operador ante la CMT. Los pasos necesarios se ven con detalle en el apartado 4.4.

El servicio que ha ofertado es el siguiente:

- 256Kbps de bajada y 128Kbps de subida
- Tarifa plana las 24 horas.
- Sin limitación por volumen de tráfico.

El precio del servicio se fijará según un objetivo de beneficio cero (según el estudio de viabilidad con una horquilla entre 9 y 15 €/mes), aunque se especificó en el proyecto de la CMT una fase de pilotaje en la que el servicio se ofrecería de forma gratuita.

**4.4. Procedimientos legales y administrativos.** Si finalmente se decide que sea el Ayuntamiento o una empresa pública la que opere el servicio de acceso a Internet a través de la red inalámbrica, es necesario realizar los trámites para notificar a la CMT la intención de operar la red.

En el Anexo 1 se incluye el documento de la CMT<sup>36</sup> donde se especifica la documentación que hay que presentar para notificar el alta como operador. A continuación se detallan los datos principales que son necesarios para realizar esta presentación:

- **Datos de la entidad que se da de alta como operadora:**
  - Representante legal de la sociedad
  - N.I.F. del representante
  - CIF
  - Domicilio

---

36. Puede consultarse en [http://www.cmt.es/cmt/centro\\_info/lic\\_autoriza/pdf/notificacion\\_CMT.pdf](http://www.cmt.es/cmt/centro_info/lic_autoriza/pdf/notificacion_CMT.pdf)

- Domicilio para notificaciones
- Teléfono
- Fax
- Correo electrónico
- Web
- Marca comercial
- Inscripción en el registro mercantil
- Representante para notificaciones

- **Fotocopia del CIF de la sociedad.**
- **Fotocopia NIF del representante.**
- **Documentación que acredite la capacidad y representación del representante.**
- **Al ser una entidad pública o una empresa participada por una Administración Pública, se debe comunicar estos términos expresamente, incluyendo el porcentaje de participación pública en caso de ser una empresa pública.**
- **Fecha prevista del inicio de actividad.**

Se deberá adjuntar estos datos en el Anexo de Notificación para darse de alta como operador proporcionados por la CMT (ver Anexo 1).

Además de rellenar los modelos oficiales con los datos solicitados, es necesario adjuntar una memoria técnica en la que se describa la red que se va a operar así como los servicios que se van a prestar. A continuación se muestran cuales deben ser los contenidos mínimos de dicha memoria técnica:

- Descripción de la red a explotar:
  - Explicación cualitativa de la red.
  - Diagrama de bloques.
  - Descripción del funcionamiento de la red.
- Descripción del servicio que se quiere suministrar:
  - Descripción de la naturaleza, características y funcionamiento del servicio.
  - Diagrama de Bloques del funcionamiento del servicio.
  - Oferta de servicios.

No es necesario esperar respuesta afirmativa por parte de la CMT para comenzar a operar el servicio, ya que este organismo sólo contestará si detecta irregularidades en la documentación aportada<sup>37</sup>.

En el Anexo 1, además de incluir la documentación y los modelos proporcionados por la CMT, se incluye como ejemplo la documentación presentada por el Ayuntamiento de Antequera (omitiendo la información confidencial).

---

37. Pasado cierto tiempo se puede consultar si el organismo está inscrito como operador en [http://www.cmt.es/cmt\\_ptl\\_ext/SelectOption.do?nav=operadores](http://www.cmt.es/cmt_ptl_ext/SelectOption.do?nav=operadores)

**4.5. Plan de Negocio.** En este capítulo se muestran los conceptos básicos para que los responsables municipales, en las fases iniciales de análisis de requisitos y estudio de viabilidad, puedan realizar un cálculo del plan de negocio que correspondería a un pequeño operador de acceso a Internet de banda ancha mediante red inalámbrica.

El objetivo es que los ayuntamientos puedan llegar a obtener un orden de magnitud de la inversión necesaria para el proyecto basándose en el estado del arte de la tecnología y teniendo en cuenta las condiciones impuestas por la legislación aplicable para abordar el proyecto y poder tomar decisiones fundamentadas sobre la viabilidad y las necesidades de financiación.

**4.5.1. Definiciones y Conceptos Básicos.** El plan de negocio es un documento que contiene todos los costes y todos los ingresos, siendo muy importante comprender la diferencia entre costes de inversión o puesta en marcha, normalmente subvencionables, de los costes operacionales. En terminología habitual de operadores es lo que se denomina CAPEX (CAPital EXpenditures), es decir, los costes de inversión, y OPEX (OPerational EXpenditures), esto es, costes de operación. También sería interesante realizar un análisis de “flujo de caja”, es decir, analizar el momento en que se deben realizar los pagos y la entrada de los ingresos para tener en cuenta la tesorería.

Según la CMT, como mínimo se debe asegurar que, sea quien sea el agente que explote la red, los ingresos compensen los costes operacionales y la amortización de la inversión. En caso de entrar en competencia con otros operadores en la zona, la CMT podría solicitar que se obtuviera un beneficio de operación similar a los que obtiene la media del sector. En cualquier otro caso se estaría realizando competencia desleal.

Puesto que un plan de negocio no deja de ser un cálculo a priori, tomando como punto de partida una serie de hipótesis para demostrar la sostenibilidad futura del proyecto, lo más importante es modelar correctamente el negocio. Esto es, conocer qué tipo de servicio se puede ofrecer y qué tipo de servicio se va a ofrecer para calcular los costes de inversión y, sobre todo, los costes de operación. Esto último suele ser el talón de Aquiles de las redes inalámbricas municipales, ya que a veces se cuenta con subvenciones para acometer grandes despliegues, sin tener en cuenta que, cuanto mayor sea el despliegue mayores serán los costes de operación, y aunque las explote el ayuntamiento o una empresa municipal sin objetivo de beneficios, no serán sostenibles.

Teniendo en cuenta la oferta del ADSL residencial, el servicio que habría que ofrecer debería tener al menos las siguientes características:

- Entre 256 kbps y 2 Mbps de ancho de banda nominal máximo de bajada, es decir, hacia el usuario (download) y entre 128 y 256 kbps de subida (upload).
- Tarifa plana.
- Precio objetivo menor de 30€ mensuales (16% IVA no incluido).

Llegados a este punto es conveniente resaltar que el proyecto se complicaría si se pretende ofrecer servicios de telefonía con acceso a la red telefónica convencional (la documentación a la CMT cambia y las exigencias también) con lo cual lo recomendable es, en todo caso y si la red lo soporta, ofrecer lo que se denomina VOZ SOBRE IP interna, es decir, la posibilidad de utilizar el ancho de banda disponible para servicios de conferencia IP o instalar un servicio de centralita interno a la red municipal.

Con este servicio se pueden ofrecer llamadas telefónicas gratuitas entre los usuarios de la red.

Por otro lado, además de conocer la tecnología para evaluar qué servicios se pueden prestar, y el mercado para saber qué requieren los clientes, es importante analizar la distribución de los clientes (número de clientes, distribución geográfica, concentración, orografía, número de viviendas, etc.), su tipología y la oferta presente y futura de banda ancha en cada zona. Parece lógico desplegar en las zonas de mayor concentración de usuarios que no dispongan de servicios de banda ancha. También sería conveniente segmentar a los usuarios porque los requerimientos de un usuario residencial no tienen por qué coincidir con los de las empresas, que probablemente necesiten mayor calidad y estén dispuestas a pagar más. Es ésta una tarea muy importante a realizar por los responsables municipales.

Finalmente, durante la fase de definición de requisitos y análisis de viabilidad, se debería elaborar una tabla sencilla, similar a ésta, donde se introduzcan las diferentes alternativas para verificar la viabilidad del proyecto:

**Tabla 9**

Ejemplo de tabla para calcular la viabilidad económica del proyecto.

	Año 0	Año 1	Año 2
Ingresos clientes tipo A (256k/256k)			
Ingresos clientes tipo B (1 Mbps/256k)			
Otros ingresos			
<b>TOTAL INGRESOS</b>			
Coste salida a Internet			
Coste soporte y mantenimiento			
Coste personal			
Otros costes r ecurrentes (tasas, publicidad, etc.)			
<b>TOTAL GASTOS OPERACIONALES (OPEX)</b>			
<b>AMORTIZACIONES INVERSIÓN (CAPEX)</b>			
<b>BENEFICIO (INGRESOS - GASTOS - AMORTIZACIÓN)</b>			

Los costes de inversión o CAPEX deben contemplar toda la contratación que se realice durante las fases de: análisis de requisitos, estudio de viabilidad, proyecto técnico, construcción y explotación. Como se ha comentado anteriormente, el CAPEX es subvencionable según los límites que la legislación establezca para las subvenciones.

**Conviene destacar de nuevo que la inversión en equipamiento debe ser la menor posible para asegurar el buen funcionamiento del proyecto. Es posible que en ocasiones, debido a la disponibilidad de subvenciones, se quieran acometer inversiones injustificablemente elevadas, aumentando las amortizaciones, y comprometiendo la viabilidad. En ocasiones se están ignorando las amortizaciones a la hora de calcular el precio a los usuarios, y esto podría dar lugar a sanción por parte de la CMT, ya que la cuenta de resultados de los operadores privados debe contemplarlas.**

Aunque influye poco en el cálculo de viabilidad, hay que tener presente dentro de otros costes recurrentes la Tasa General de Operadores, que como se ha explicado en capítulos anteriores, está fijada en un 1,5 por mil de los ingresos brutos de explotación restando la cantidad que se paga a otros operadores de telecomunicaciones por la salida a Internet.

**4.5.2. Aplicación práctica.** A partir de aquí lo más sencillo es desarrollar un ejemplo concreto. Es un ejemplo basado en el proyecto de Antequera y donde se dan algunas claves para lograr el éxito del proyecto.

Punto de partida: Ofrecer acceso a Internet de banda ancha mediante red inalámbrica basada en tecnología WIFI en todo el término municipal.

1. Se descarta ofrecerlo gratuitamente, según dictamina la CMT.
2. Se separa el proyecto en zona norte, zona sur y núcleo principal.
3. Se da prioridad a los anejos de la zona norte y de la zona sur, y finalmente se descarta el núcleo principal porque dispone de suficiente capilaridad de banda ancha a través de tecnología ADSL y el coste de la inversión sería muy elevado.
4. Se realizan diferentes anteproyectos y estudios de viabilidad con diferentes empresas valorando el estado del arte de la tecnología existente.
5. Puesto que el ayuntamiento sólo dispone de recursos propios para financiar la puesta en marcha, se decide comenzar con la zona norte, que acumula mayor población y tiene una orografía menos complicada, lo que simplifica el coste del despliegue. Se analizan 6 pedanías (una quedaría descartada por su situación orográfica) con una población objetivo de unos 2.500 habitantes.
6. Se comienza a analizar la viabilidad, rellenando los datos de la tabla indicada anteriormente (se hará posteriormente), y se llega a varias conclusiones importantes:

**a.** El proyecto se divide en dos partes: por un lado, una red troncal inalámbrica de alta capacidad que interconecte el edificio consistorial con los edificios municipales de las pedanías para uso interno, y por otro, el despliegue de red inalámbrica para acceso a Internet en cada una de las pedanías. De esta manera, se puede reducir el precio al eliminar las amortizaciones por la inversión en la red troncal, que pertenecerá al equipamiento del ayuntamiento. En definitiva la red troncal es fundamentalmente para uso interno cediendo parte de su ancho de banda al operador municipal o a cualquier operador que pudiera solicitarlo mediante el pago de un canon por su uso.

- b.** En cada pedanía se propone un único punto de acceso WIFI (excepto Cartaojal, donde se proponen 2) para comenzar las pruebas y ver el interés de los vecinos. Se comenzará mediante un piloto para evaluar el funcionamiento y el interés de los usuarios.
- c.** El ayuntamiento toma la decisión de que una empresa municipal va a comenzar operando la red, informando fehacientemente a la CMT, ya que no parece viable sacar a concurso la explotación con un despliegue tan reducido. Por tanto, el concurso público y el plan de viabilidad también contemplará los sistemas necesarios en el centro de proceso de datos del ayuntamiento para prestar el servicio de autenticación y tarificación a los usuarios.
- d.** El ayuntamiento sólo podrá financiar el proyecto con recursos propios si no se realiza obra civil, esto es, no se montan torres para llegar a las pedanías. Por tanto, el proyecto debe contemplar todas las posibilidades para emplear edificios municipales y en algunos puntos será el ayuntamiento quien se comprometa a gestionar la ubicación. El éxito del proyecto en las pedanías también depende de reducir al máximo los costes operacionales. El uso de edificios municipales implica reducir esos costes operacionales ya que no habría que abonar tasas mensuales por la utilización de un determinado emplazamiento privado como ocurre con los operadores móviles, que tienen que alquilar azoteas de edificios altos o construir torres en terrenos privados situados estratégicamente. La electricidad y gestión de los permisos también es asumida por el ayuntamiento.

**7.** Se contrata el proyecto y después la instalación, donde se opta por una solución de red troncal Pre-WiMAX en banda libre para llevar banda ancha con garantías a los edificios municipales y que asegure el cumplimiento de la normativa de límite de potencia del CNAF. Con WiFi era imposible salvar distancias de 15 Km. en un solo salto, con lo que habría que añadir obra civil y alquilar emplazamientos intermedios. Para la red de acceso en cada pedanía se opta por tecnología WiFi basada en el estándar 802.11g.

**8.** Se finaliza el proyecto con un ligero retraso debido a problemas con la disponibilidad de algunos emplazamientos. Se pone en marcha la troncal y se verifica el funcionamiento desde los edificios municipales.

**9.** Terminada la instalación, comienza el piloto WiFi, que posteriormente se ha ido ampliando conforme el número de usuarios de las diferentes pedanías ha ido aumentando. Durante la fase de pilotaje se contrató un servicio de salida a Internet mediante caudal garantizado de 2 Mbps.

**10.** El soporte y mantenimiento se incluyó en la licitación del despliegue durante el periodo de garantía establecido por el pliego. Este soporte y mantenimiento es para la infraestructura y no para los usuarios.

**11.** La explotación de la red es llevada a cabo por una empresa pública municipal. A mediados de abril de 2007 contaba con unos 150 usuarios dados de alta.

**12.** El soporte a los usuarios lo realiza el ayuntamiento a través de sus técnicos municipales y la empresa local que se homologa para la instalación de los clientes.

**13.** La instalación de los clientes es homologada por la empresa que lleva el mantenimiento de la red, pero está realizada por empresas locales, lo que ayuda a potenciar la economía de la zona. Esta instalación también puede ser subvencionada, y de hecho así ha sido, acogiéndose al programa de Hogar Digital de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. Esta subvención también ha incluido un año de la cuota de conexión.

El servicio ofertado inicialmente es único y focalizado en el sector residencial:

- 256 Kbps de bajada y 128 Kbps de subida.
- Tarifa plana las 24 horas.

- Sin limitación por volumen de tráfico.
- Sin limitación de uso de servicios (es decir, con posibilidad de voz sobre IP, mensajería, P2P, etcétera).

Durante una fase inicial de pilotaje y para aumentar el número de usuarios inicial se comenzará prestando servicio gratuito.

Para calcular el precio objetivo se plantea un objetivo de beneficio cero y se realizan los cálculos eliminando de las amortizaciones y del coste de mantenimiento la parte atribuible a la red troncal, ya que como se ha explicado, es infraestructura de uso interno del ayuntamiento.

Las cifras que se muestran a continuación están basadas en costes reales de la red:

### **COSTE INVERSIÓN (CAPEX)**

**Tabla 10**

Ejemplo cálculo costes para plan de negocio.

#### **COSTE INVERSIÓN (CAPEX)**

<b>Proyecto Técnico</b>	<b>10.000,00 €</b>
<b>Red Troncal (6 puntos Pre-WiMAX)<sup>38</sup></b>	<b>50.000,00 €</b>
- Mano de obra	20.000,00 €
- Materiales	30.000,00 €
<b>Red de Acceso WIFI (6 puntos WIFI)</b>	<b>9.000,00 €</b>
- Mano de obra	3.000,00 €
- Materiales	6.000,00 €
<b>Centro de Gestión (Gestión de red y de usuarios básico)</b>	<b>13.000,00 €</b>
- Mano de obra	5.000,00 €
- Materiales	8.000,00 €
<b>TOTAL (16% IVA no incluido)</b>	<b>82.000,00 €</b>

38. Este coste no formaría parte del plan de negocio del operador de la red pública. Se deja simplemente a título informativo, por eso tampoco se incluye en amortización. Realmente, se considera que la red troncal será fundamentalmente de uso interno del ayuntamiento, para interconexión del edificio consistorial con los edificios municipales de las pedanías.

## AMORTIZACIONES ANUALES (SÓLO MATERIAL INFORMÁTICO / 5 AÑOS)

Proyecto Técnico	0 €
Canon Red Troncal <sup>39</sup>	0 €
Red de Acceso WIFI	1.200,00 €
Centro de Gestión	1.600,00 €
<b>TOTAL AMORTIZACIONES ANUALES</b>	<b>2.800,00 €</b>

## COSTE OPERACIONES ANUALES (OPEX)

Caudal acceso a Internet (2Mbps simétricos sobre ATM de 10Mbps)	14.000,00 €
Soporte y mantenimiento	12.000,00 €
Otros	0,00 €
Amortizaciones anuales	2.800,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>28.800,00 €</b>

Por tanto, la cuota mensual mínima para asegurar la viabilidad económica (PUNTO DE EQUILIBRIO, BENEFICIO CERO) con un objetivo de 250 usuarios dados de alta, que correspondería a un 10% de la población de las pedanías cubiertas, sería el resultado de dividir esa última cantidad entre el número de usuarios y entre doce para obtener la cuota mensual. El resultado es de 9,60 €/mensuales (impuestos no incluidos).

Como se puede observar los costes están muy ajustados y por tanto también lo está, a la baja, el precio resultante. Por tanto difícilmente pueden ser razonables despliegues donde se propongan precios por debajo de los 10€/mensuales sin que de alguna manera se esté subvencionando el servicio. Los costes en amortizaciones o mantenimiento no se pueden reducir fácilmente, ya que están muy ajustados en el ejemplo, y la única variable a la que se suele acudir es no contratar un caudal de acceso a Internet garantizado cuyo contrato permita revender el servicio, sino conectar la red a uno o varios ADSL residenciales. **Esto no es legal**, ya que los contratos de ADSL residencial no permiten la reventa del caudal. Además, un ADSL residencial sólo garantiza hasta el 10% del ancho de banda al estar compartido por más usuarios. Si a su vez constituye la salida a Internet de decenas de usuarios simultáneos conectados a una red inalámbrica, podría ofrecer a los usuarios unas prestaciones de conexión muy pobres.

En ese escenario, la Tasa General de Operadores a ingresar a la CMT cada 31 de diciembre se corresponde con un 1,5% de los ingresos brutos (250 usuarios \* 10,17 €/mes \* 12 meses) menos el coste del caudal de acceso abonado a otro operador, lo que resulta en unos 24,16 € anuales, cantidad completamente despreciable a la hora de realizar el plan de negocio.

39. En este caso no existe canon por ser servicio en autoprestación. El ayuntamiento cede parte del ancho de banda de su red troncal al operador municipal o a cualquier operador que pudiera solicitarlo mediante el pago de un canon por su uso para acceso a Internet en cada una de las pedanías. De esta manera, se puede reducir el precio al eliminar las amortizaciones por la inversión en la red troncal, que pertenecerá al equipamiento del ayuntamiento.

Puntos críticos:

**1. Caudal de acceso a Internet.** La salida a Internet debe realizarse a través de un acceso adecuado con caudal garantizado suficiente en función del número de usuarios y los servicios que se presten. No se debe hacer a través de un ADSL residencial para ahorrar costes de operación porque, además de no ser legal, resulta en una calidad deficiente a los usuarios finales.

**2. Soporte y mantenimiento.** Es la otra gran clave del servicio que se presta a los usuarios. A estos hay que darlos de alta, de baja, hacer un seguimiento de los problemas, atender a sus cuestiones, etc. Además del mantenimiento de la red, es necesario homologar las instalaciones en los clientes y proporcionar un soporte adecuado que también repercute de manera importante en la cuota.

**3. Elevadas inversiones.** Es evidente que en muchos casos no se están llevando las amortizaciones al cálculo de las cuotas mensuales, lo que según las normas de contabilidad debe hacerse. Aún con un presupuesto de inversión tan ajustado como el del ejemplo se ve el impacto importante que tienen.

**4. Según la distribución de los usuarios** y la media de usuarios simultáneos, será necesario ampliar la red de acceso WIFI, la capacidad de las troncales y el ancho de banda de salida a Internet, así como el servicio de atención al cliente y mantenimiento, por lo que el cálculo de precio y viabilidad es una tarea recurrente.

## CLAVES

- Despliegue para acceso a Internet residencial mediante red inalámbrica WiFi en pedanías, fuera del núcleo urbano con cobertura ADSL, donde en principio no existía otra alternativa.
- Explotación a través de empresa municipal (alta como operador) con objetivo de beneficios cero.
- Separación entre red troncal (uso del ayuntamiento), y red de acceso+CPD para reducir amortizaciones y poder ofrecer un precio más bajo.
- Emplear edificios municipales, para evitar aumentar gastos operacionales y reducir al mínimo la obra civil.
- Troncal Pre-WiMAX de alta capacidad para poder alcanzar con garantías pedanías lejanas.
- Acceso WiFi en pedanías, inicialmente de manera piloto, y ampliada posteriormente.
- Se recomienda el uso de clientes con antena exterior para aumentar la cobertura y la calidad de la señal
- Se subvenciona la instalación del cliente y un periodo limitado de cuota de conexión durante la fase piloto.

**4.6. Análisis de casos reales.** A continuación se presentan una serie de casos prácticos de despliegues de redes ciudadanas de acceso inalámbrico de banda ancha, y se compararán con lo especificado como buenas prácticas en este tipo de despliegues.

Se han elegido dos de los proyectos más emblemáticos de entre los presentes actualmente en el campo de las redes inalámbricas de acceso ciudadano. Entre los factores principales tenidos en cuenta para su elección, se destacan los relacionados con el tamaño del despliegue, la tecnología empleada, los procedimientos de concesión y operación, o la dificultad orográfica presente. Por lo tanto, con estos casos se pretenderá ofrecer un ejemplo de cada uno de los elementos tecnológicos o de procedimiento comentados en apartados anteriores.

Los casos reales seleccionados son:

- **Avilés:** Como segundo ejemplo se ha escogido la red inalámbrica implementada por la ciudad de Avilés para su casco histórico y paseo marítimo. Esta red es un referente en cuanto a buenas prácticas de los procedimientos de contratación pública, y presenta una serie de interesantes innovaciones en su implementación tecnológica.
- **Ronda:** Es uno de los proyectos más importantes en relación al tamaño de la ciudad a la que se pretende dotar de servicios inalámbricos, haciendo especial hincapié en los desafíos que plantea ese tipo de despliegues.

En cada uno de los aspectos desarrollados, se ha procurado confrontarlo con el caso práctico desarrollado en apartados anteriores, con el fin de reflejar otras posibles soluciones a la problemática referente a la implementación de una red inalámbrica de acceso ciudadano. Se seguirá el mismo esquema de desarrollo basado en las distintas fases del proyecto, mencionando en cada una de ellas el camino escogido para cada proyecto, y haciendo un estudio comparativo entre las mismas.

#### 4.6.1. Definición de requisitos.

##### CLAVES

- Los requisitos son la base sobre la que se debe hacer el diseño de la red y sobre los que se obtendrá posteriormente una estimación del coste.
- Los requisitos se deben plantear mediante definición directa por parte de los responsables municipales de la red.

##### Avilés

La red de Avilés fue inicialmente definida como una red inalámbrica para la operación por parte de la Autoridad Portuaria de la ciudad, y se extendió posteriormente a ciertas zonas del casco urbano, en concreto el Paseo Marítimo y la zona histórica de la ciudad. Dicha expansión está enmarcada dentro de la actuación **Ciudades Digitales**<sup>40</sup>. Se trata de una experiencia piloto, como se demuestra comprobando los requisitos especificados en cuanto a zonas de cobertura y población a la que dar servicio.

Los requisitos iniciales de la red son:

- Dado el carácter de experiencia piloto, no se pretende dar un 100% de cobertura en el casco urbano de la ciudad, sólo a determinadas zonas. En concreto, las zonas especificadas abarcan 17 calles y plazas, además del paseo marítimo de la localidad.
- Servicio concurrente para un máximo de entre 400 y 600 usuarios.
- Cada usuario tiene asignado un límite máximo en el ancho de banda utilizable de 256kbps simétricos.
- Posibilidad de usar la red como parte de la red corporativa del Ayuntamiento, con las medidas de seguridad correspondientes.

---

40. Programa perteneciente al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Más información en <http://www.mityc.es/ciudades/>

**Gráfico 40**

Plano de Avilés.



- Seguridad basada en la tecnología de portal cautivo, para asegurar que sólo los ciudadanos autorizados pueden hacer uso de la red, usando para ello un servidor RADIUS. Además, se exige que los puntos de acceso ofrezcan los más recientes niveles de seguridad en las capas 2 (WPA/WPA2) y 3 de red.
- Explotación por terceros, en régimen de uso compartido de la red a través del correspondiente concurso público. Este modelo permite que varios operadores puedan explotar de forma simultánea una misma red, en este caso propiedad del Ayuntamiento de Avilés.
- Para garantizar los niveles de disponibilidad deseados, se actuará en dos vertientes:
  - Tecnológica. Apostando por una arquitectura “mallada” para la red troncal, que posteriormente se detallará en el apartado de Tecnologías.
  - Políticas definidas de mantenimiento de infraestructuras y servicios, con el fin de garantizar la operación estable y fiable de la red.

- Prestación de los siguientes servicios de red:

- Navegación por páginas web.
- Correo electrónico entrante y saliente (SMTP y POP3).
- Mensajería instantánea mediante Microsoft Messenger, Yahoo Messenger, etc.
- Acceso remoto mediante VNC, Cytrix, Microsoft Terminal Server.
- Descargas de ficheros, tanto por FTP como con redes p2p (como emule o bittorrent), definiéndose para estas aplicaciones un ancho de banda más reducido que para las herramientas habituales de acceso a Internet (Web, correo, mensajería instantánea, etc.) y siendo el primer servicio degradado cuando la red comience a saturarse.
- Posibilidad de especificar distintas calidades de servicio, sobre todo orientadas al streaming de aplicaciones multimedia.

## Ronda

El proyecto de red inalámbrica en la ciudad de Ronda se enmarca también dentro del programa del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de **Ciudades Digitales**, y entre otras actuaciones contempla facilitar el acceso al ciudadano a tecnologías de acceso a Internet de banda ancha.

Los requisitos iniciales son:

- Zona de cobertura del 100% del casco urbano de Ronda, así como ciertas zonas aisladas (anejos y complejos hoteleros) de difícil acceso.
- Se pretende alcanzar al menos al 10% de la población, lo cual supone unos 1.400 usuarios sobre un total de unos 14.000 hogares en Ronda. Para ello se contempla la instalación de equipos WiFi de clientes con antena externa.
- Diferentes anchos de banda, en función de la opción de contratación que se elija, aunque en el pliego de condiciones se especifica un valor mínimo de 256 kbps por cada usuario.
- Servicios de acceso similares a los que podrían darse en una red clásica de acceso de banda ancha, permitiendo acceso web http y https, envío y recepción de correo, descarga de ficheros, etc.
- La seguridad de la red basada en el protocolo de cifrado WPA operando en su modalidad empresarial, con su correspondiente servidor de autenticación y gestión de claves.
- Niveles elevados de disponibilidad a través del uso de equipos carrier class de categoría profesional.

A modo de resumen, el cuadro siguiente muestra los principales elementos tenidos en cuenta a la hora de especificar los requisitos de la red:

**Tabla 11**

Especificación elementos de la red.

Requisitos	Antequera	Ronda	Avilés
<b>Zona de cobertura</b>	Zona cercana a los edificios municipales en las pedanías	100% casco urbano y ciertas ubicaciones remotas	Zona del casco urbano y paseo marítimo
<b>Porcentaje de población</b>	Experiencia piloto	10%	Experiencia piloto
<b>Tipos de servicio</b>	Todos los presentes en una red cableada	Todos los presentes en una red cableada	Todos los presentes en una red cableada
<b>Seguridad</b>	WPA con portal cautivo	WPA	Portal cautivo
<b>Nivel de disponibilidad</b>	Carrier class	Carrier class	Carrier class Topología mallada

#### 4.6.2. Estudio de viabilidad.

##### CLAVES

Las posibles aproximaciones para la realización del estudio de viabilidad son:

- Realizada por el propio ayuntamiento, en caso de disponer de personal con la cualificación necesaria.
- Licitación pública, bien mediante oficina técnica si el proyecto es de mucha envergadura, o bien mediante un estudio por parte de una ingeniería.

##### Avilés

Proyecto iniciado mediante la designación de una oficina técnica gestionada por la fundación CTIC, constituida por un patronato de empresas del ámbito de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y por el Gobierno del Principado de Asturias. Esta oficina realizaría posteriormente los estudios de mercado y de cobertura correspondientes, como parte de un plan de viabilidad con el fin de definir unos requisitos iniciales.

## Ronda

Por la extensión y complejidad del proyecto de Ronda, el proyecto se inicia también mediante la designación de una oficina técnica, sacando a concurso público su adjudicación. Es, por tanto, la empresa adjudicataria de dicho concurso la responsable de generar, entre otros documentos, los estudios de viabilidad que orienten al Ayuntamiento de Ronda en la definición de un modelo de negocio viable.

A modo de resumen se ofrece el siguiente cuadro:

**Tabla 12**

Cuadro resumen estudio de viabilidad.

	Antequera	Ronda	Avilés
Estudio de viabilidad	Parte del proyecto encargado a una ingeniería	Realizado por la oficina técnica creada para el proyecto	Realizado por la oficina técnica creada para el proyecto

### 4.6.3. Búsqueda de financiación.

#### CLAVES

- Financiación por parte del ayuntamiento, de sus propias arcas municipales
- Financiación mediante subvenciones con fondos procedentes de:
  - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
  - Junta de Andalucía
  - Diputaciones Provinciales
  - Unión Europea
- Aportaciones de entidades privadas, asociaciones, etc.

Tal y como se menciona en apartados anteriores, las redes de Ronda y Avilés tienen su origen en el programa de **Ciudades Digitales**, que como parte de su proyecto de promoción e implantación de la Sociedad de la Información contempla, entre otras actuaciones, la de crear redes inalámbricas de acceso a Internet en espacios públicos. Esta iniciativa merece, por tanto, una mención especial.

#### **Grafico 41**

Ciudades digitales.

##### **Ciudad Digital**

Espacio virtual de interacción entre todos los actores que participan en la vida de una ciudad (ciudadanos, empresas, administraciones, visitantes, etc.) utilizando como soporte los medios electrónicos y las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), ofreciendo a dichos actores acceso a un medio de relación y comunicación innovador, a través del canal que elijan, en cualquier momento y lugar.

##### **Objetivos**

- Conseguir que los ciudadanos, empresas e instituciones, como destinatarios de estas iniciativas experimenten los beneficios de la aplicación de las nuevas tecnologías.
- Desarrollo de aplicaciones como experiencias piloto y de demostración.
- Difusión de las experiencias y logros conseguidos localmente para su introducción y uso en la sociedad.

##### **Agentes participantes**

- Administración General del Estado, Administración Autonómica y Administración Local (Ayuntamiento, Diputación Provincial, Consejo Comarcal, etc.)
- Operadores de redes y servicios de telecomunicación.
- Proveedores de servicios de información y de contenidos.
- Entidades de servicios públicos, financieras, empresas locales.
- Asociaciones, fundaciones,...

En los casos concretos de Avilés y Ronda, junto a las actuaciones provenientes del MITyC a través del programa de Ciudades Digitales, aparecen una serie de cofinanciadores, que aportan fondos para el despliegue de la red:

- En el proyecto de Avilés participan también financiando parte del proyecto el Gobierno del Principado de Asturias, el Ayuntamiento de Avilés y la Autoridad Portuaria de Avilés.
- En Ronda, junto con el MITyC participan la Junta de Andalucía, la Diputación de Málaga y el propio Ayuntamiento de la ciudad. Además, se contempla la aportación de capital proveniente de empresas y otras colaboraciones del sector privado.

Cabe recordar que como rasgo diferenciador, el proyecto de Antequera no nace dentro del marco del programa de Ciudades Digitales, sino que parte de una iniciativa del propio Ayuntamiento de la

ciudad de Antequera con el propósito de comunicar sus dependencias municipales con los distintos anejos y pedanías cercanas.

Por tanto, al tratarse de una iniciativa municipal, el Ayuntamiento de Antequera se erige como único financiador del proyecto, que se nutre en su totalidad de fondos municipales. Ese factor, junto con la complicada orografía de la comarca fueron los que propiciaron el hecho de que el proyecto se escindiera en dos fases, Zona norte y Zona sur, que se acometerían en sucesión, descartando asimismo el núcleo urbano de la propia ciudad de Antequera.

#### 4.6.4. Estudio de la licitación.

##### CLAVES

- Siempre que sea posible, se recomienda la licitación del proyecto en tres fases:
  - Concurso técnico (empresa de ingeniería)
  - Concurso instalación (empresa instaladora)
  - Concurso de explotación (operadora)
- A nivel práctico, lo usual es unir proyecto técnico y de instalación, debido a que ese tipo de solución permite responder mejor ante posibles modificaciones en el proyecto (ya sean de carácter logístico, operativo, funcional, etc.)

Podemos ver en el siguiente cuadro las opciones que se han escogido en cada uno de los casos prácticos comentados:

**Tabla 13**

Opciones concursos públicos.

	Proyecto técnico	Construcción	Explotación
<b>Antequera</b>	Concurso proyecto	Concurso construcción	El propio ayuntamiento
<b>Avilés</b>	Un único concurso proyecto técnico / construcción		Concurso explotación
<b>Ronda</b>	Un único concurso proyecto técnico / instalación / explotación		

#### 4.6.5. Proyecto Técnico.

##### CLAVES

- El proyecto técnico debe estar realizado por una empresa de ingeniería competente, o bien por técnicos propios del ayuntamiento con la cualificación y conocimientos adecuados.
- Es recomendable que esté visado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Debe incluir en detalle la solución técnica adecuada para cumplir los requisitos especificados en las fases anteriores.

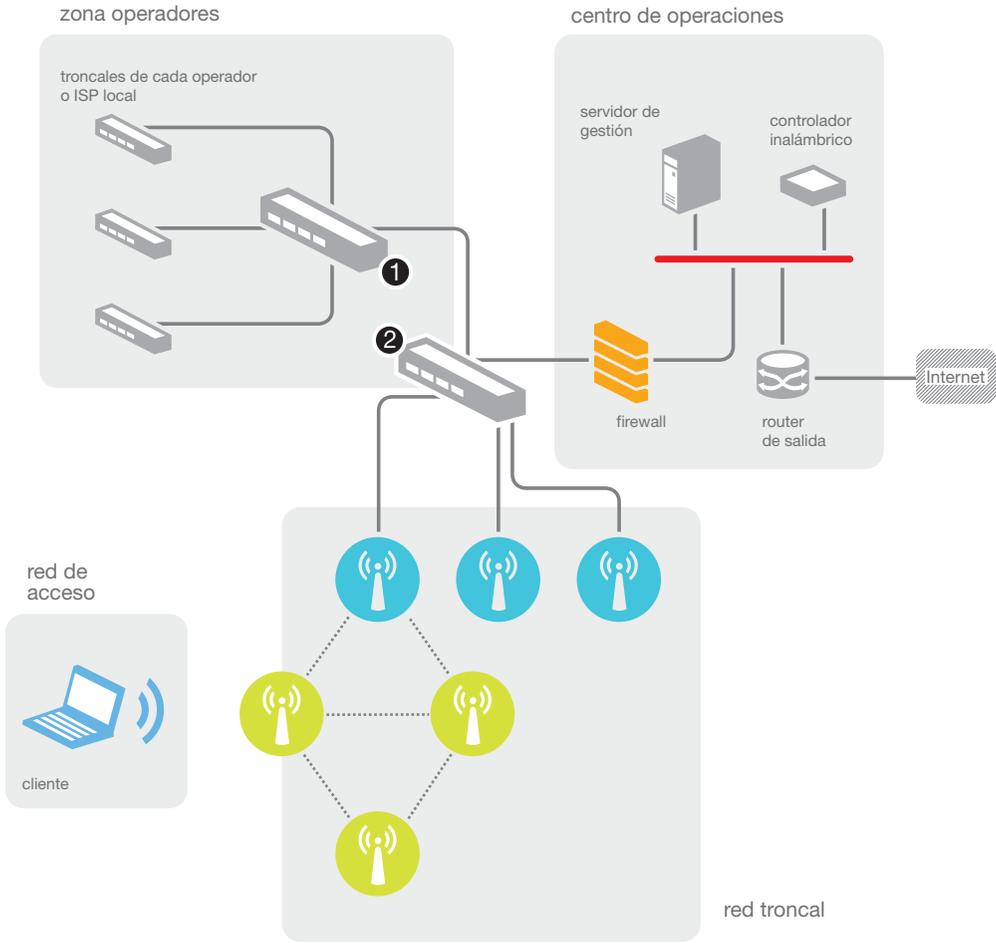
En el apartado tecnológico, al igual que en los anteriores, también existen diferencias notables de concepción en cuanto a la implementación tecnológica de la red.

##### Avilés

- Red troncal inalámbrica basada en el estándar 802.11a WIFI con topología mallada (MESH), en una arquitectura centralizada.
  - Topología muy adecuada para entornos urbanos.
  - Fácil despliegue y capacidades de autoconfiguración.
  - Robustez de la red debido a la redundancia de caminos.
  - Requiere un diseño cuidadoso para no implementar demasiados saltos (“hops”), que afecten a la latencia de las comunicaciones.
- Se estiman necesarios 38 puntos de acceso, instalados en distintas ubicaciones en el casco urbano, actuando 6 de ellos como nodos raíz o RAP (Root Access Points).
  - Con este número de puntos de acceso se puede dar servicio de forma simultánea a un número de usuarios que varía entre 400 y 600, número suficiente para las estimaciones realizadas por el Ayuntamiento.
  - Cada uno de estos puntos puede gestionar 16 redes simultáneas independientes, disponiendo cada red de sus correspondientes medidas de seguridad. Este es un requisito imprescindible para la explotación por parte de varios operadores en régimen de uso compartido, como se contempla en los pliegos de explotación.
- Gestión centralizada mediante controladores inalámbricos, que dotan a la red de cierta “inteligencia”, permitiendo controlar de forma automática parámetros de cobertura, control de interferencia, detección de intrusos y alarma de averías.
- Seguridad proporcionada a través de los correspondientes servidores de autenticación, autorización y auditoría (AAA), y del soporte de los puntos de acceso a los estándares de seguridad más recientes (WPA/WPA2). A esto hay que añadir la infraestructura y elementos tecnológicos necesarios para implementar un acceso basado en “portal cautivo”.
- Acceso a la red con clientes inalámbricos convencionales, a través de los cuales se pretende garantizar una operación totalmente transparente al usuario.

### Gráfico 42

Diagrama red Avilés.



punto de acceso mesh raíz

punto de acceso mesh



switch multiservicio para la conexión a las troncales de las operadoras

switch ethernet portal

..... enlace 802.11h

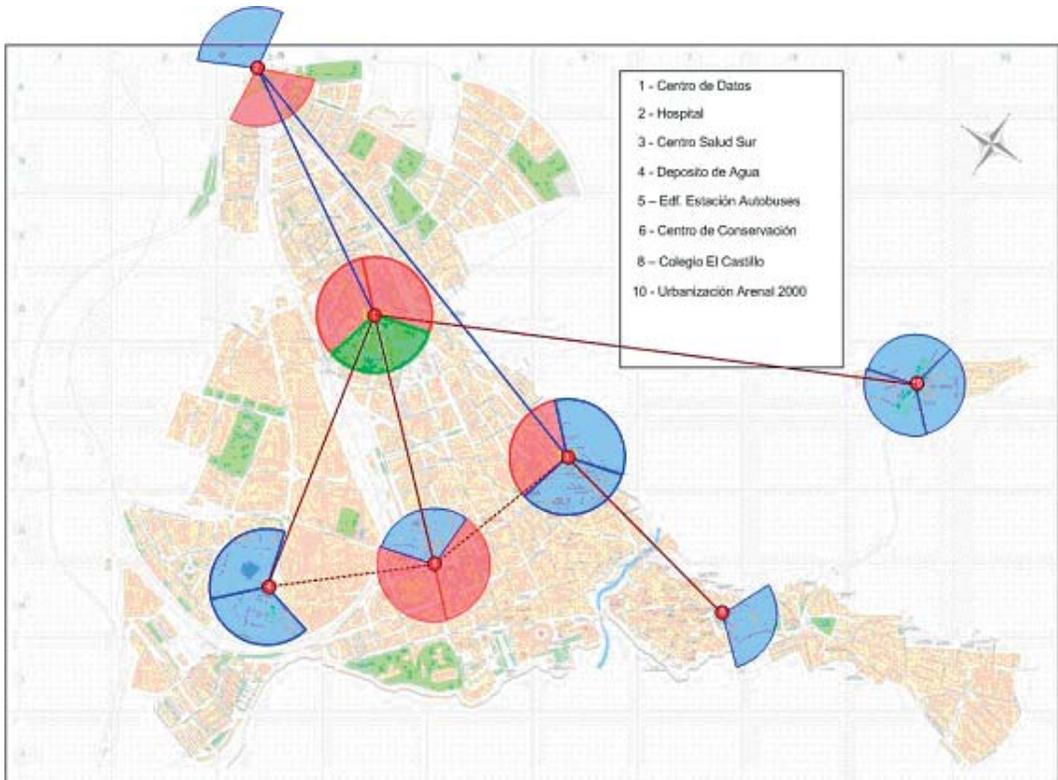
### Ronda

- Se usará red troncal basada en tecnología 802.11a operando en banda no licenciada de 5GHz, con topología punto-a-multipunto (2 estaciones base, 5 equipos cliente, con futura ampliación a dos más).

- Es una tecnología que no ha sido diseñada especialmente para escenarios urbanos con múltiples reflexiones y zonas de sombra.
  - Esos factores adquieren especial relevancia en el caso de que las distancias entre las estaciones base y los clientes correspondientes sean grandes, o no haya una línea de visión clara.
- La Red de acceso estará implementada con tecnología 802.11b/g y puntos de acceso WIFI con doble radio (equivalente a dos puntos de acceso en un mismo equipo), unidos a los clientes de la troncal y las estaciones base (7 puntos de acceso dobles en total, con futura ampliación a 2 más).
- Teniendo en cuenta que cada punto de acceso puede dar acceso simultáneo a unos 10-15 usuarios, la red da una capacidad aproximada de unos 140-210 usuarios simultáneos, siempre y cuando la distribución de dichos usuarios sea uniforme.

#### Gráfico 43

Despliegue red Ronda.



- Se trata por tanto de una red en expansión, que prevé crecer conforme aumenta el número de usuarios.
- Red escalable, en dos vías:
  - Añadiendo equipos clientes de la troncal para llegar a más sitios.
  - Añadiendo más puntos de acceso unidos a esos clientes de la troncal, para dar servicio a más usuarios simultáneos.
- Seguridad basada en el estándar WPA Corporativo, con presencia de los correspondientes servidores de autenticación y generación/distribución de claves.
- Clientes basados en el estándar 802.11b/g, dotados de antena externa, lo cual mejora enormemente los niveles de señal disponibles para el usuario, al evitar que la señal inalámbrica tenga que atravesar un gran número de paredes y techos.

Debido a que todas las redes de acceso contempladas se basan en el estándar WIFI, en todos los casos se presenta la opción de usar como equipo final de abonado bien un cliente inalámbrico estándar (en cualquiera de sus variantes: tarjeta PCMCIA, USB, integrado en un portátil), o bien equipos especiales con antena externa instalados en las fachadas de los abonados.

A continuación se presenta un cuadro resumen con los principales elementos utilizados en cada uno de los despliegues:

**Tabla 14**

Elementos utilizados en el despliegue de red.

Tecnología	Antequera	Ronda	Avilés
<b>Troncal</b>	Pre-WiMAX en 5GHz Punto a multipunto	802.11a en 5GHz Punto a multipunto	Mesh en 802.11a
<b>Número de elementos de la red troncal</b>	6 enlaces punto a punto 1 estación base 3 equipos cliente	2 estaciones base 5 equipos cliente (ampliable 2 más)	38 puntos de acceso mesh
<b>Acceso</b>	WIFI en 802.11b/g	WIFI en 802.11b/g	WIFI 802.11b/g
<b>Número de elementos en la red de acceso</b>	6 con radio b/g	7 con radio doble b/g (ampliable a 2 más)	38 puntos de acceso b/g
<b>Tecnología en el segmento cableado</b>	Línea dedicada 2 Mbps	N/A	3 Líneas dedicadas de 6 Mbps

#### 4.6.6. Construcción.

##### CLAVES

- Es necesario comprobar que la empresa adjudicataria esté inscrita en el registro de instaladores de la SETSI para instalaciones de radio comunicaciones (Tipo D).
- Es recomendable que la fase de construcción esté supervisada por la empresa que ha realizado el Proyecto Técnico.
- Se debe exigir una documentación de fin de instalación que incluya todos los detalles de la misma.

En todos los casos la construcción de la red ha sido realizada por empresas registradas en la SETSI para la instalación de equipos de radiocomunicaciones.

#### 4.6.7. Explotación.

##### CLAVES

- Destacar que las redes consideradas suelen ser propiedad del ayuntamiento.
- Comprobar si existen operadores disponibles en la zona donde se va a desplegar la red.
- No vulnerar el principio de la libre competencia.
- Si existen operadores en la zona, se recomienda conceder la explotación de la red a una empresa privada, a través del consiguiente concurso de adjudicación.
- En caso de que no existan operadores disponibles, se recomiendan actuaciones en el sentido de fomentar la presencia de dichos operadores.
- En última instancia, podrá erigirse el ayuntamiento como operador con el fin de garantizar la presencia de, al menos, un operador que ofrezca los servicios.
- Si finalmente el ayuntamiento (o una empresa pública) va a explotar la red, es necesario darse de alta como operador y mantener separación de cuentas.

##### Avilés

- Debido a que en el casco urbano de la ciudad existen distintos operadores presentes, se ha optado por ofrecer la operación de la red (propiedad del ayuntamiento) en un concurso público de licitación, con lo cual se garantiza la no vulneración del principio de libre competencia.
- Se plantea por tanto un escenario abierto donde las distintas operadoras (incluso las más grandes) pueden optar a usar la red del Ayuntamiento de Avilés como vía de explotación.

##### Ronda

- En el caso de Ronda, también existen varios operadores en el propio núcleo urbano, pero en este caso se optó por incluir dentro del mismo proceso de licitación pública los apartados de diseño, instalación y explotación.
- La principal ventaja de este modelo es el hecho de que la empresa adjudicataria conocerá perfectamente la red a operar, lo cual redundará en una operación más eficiente.

- Sin embargo, tiene el inconveniente de estar atados a una única empresa, que en caso de afrontar problemas económicos puede hacer peligrar la operación de la red.

En cuanto a los precios implicados en el modelo de negocio, las diferencias se basan en que en uno de los casos (Antequera), el operador es el propio Ayuntamiento, cuyo principal fin al pedir un precio por el servicio es el de costear el mantenimiento de la red, más que el de obtener beneficios. Esto no es válido para los otros dos casos, en los que hay empresas operando la red con el propósito de obtener beneficios por la prestación del servicio.

Los precios se ofrecen en el siguiente cuadro resumen:

**Tabla 15**

Precios acceso Internet(euros/mes).

Precios (en euros/mes)	Antequera	Ronda	Avilés
256 kbps en horario de 8:00 a 20:00	-	10 €	N/A
256 kbps en tarifa plana	10 €	-	N/A
512 kbps	-	16 €	N/A
1 Mbps	-	29 €	N/A
2 Mbps	-	39 €	N/A

*Nota: En el caso de Avilés, los precios no están disponibles porque todavía están en periodo de pruebas con servicio gratuito.*



# 5

## Conclusiones

## 5. Conclusiones

Existen diferentes formas de abordar despliegues municipales para prestar servicios de acceso a Internet de banda ancha. Algunos proyectos realizados no han tenido éxito por diversas razones, destacando la falta de análisis de viabilidad económica, desconocimiento de la legislación y de la tecnología. A lo largo de los diferentes capítulos se han mostrado una serie de buenas prácticas y ejemplos que demuestran que, en determinados casos, estos proyectos son interesantes, necesarios y viables.

A la hora de abordar el despliegue de una red inalámbrica municipal para acceso a Internet de banda ancha, y de manera muy resumida, los pasos a seguir serían:

1. Definición de requisitos, junto con el estudio de viabilidad y la búsqueda de financiación es un proceso iterativo. Conforme van añadiéndose funcionalidades deseadas a los requisitos es necesario estudiar la solución técnica de los mismos, así como su coste, y, si no es posible alcanzar dichas funcionalidades, revisar de nuevo los requisitos adaptándolos hasta obtener un compromiso entre las funcionalidades deseadas, la viabilidad técnica de las mismas y la financiación disponible. Este compromiso se plasmará en unos requisitos finales que serán los que se tengan en cuenta a la hora de planificar el resto del proyecto.

Entre los requisitos iniciales destacan los siguientes:

- zonas en las que se pretende dar cobertura.
- estimación del porcentaje de población que demandará el servicio.
- ancho de banda disponible para cada usuario.
- tipo de servicio que se pretende prestar.

2. Estudio de viabilidad. Consiste en la realización de un estudio en el que se refleje la posibilidad de realizar una red que cumpla con los requisitos definidos junto con una estimación del coste de despliegue y, sobre todo, del coste de operación.

3. Búsqueda de financiación y solicitud de subvenciones si fuera necesario.

4. Licitación. Lo más recomendable es sacar a concurso público el proyecto técnico y la construcción de la red como proyecto llave en mano y, con posterioridad licitar la explotación, salvo que se vaya a encargar el ayuntamiento o una empresa municipal.

5. Elaboración del proyecto técnico.

6. Construcción de la red.

7. Licitación de la explotación si procede.

8. Alta del ayuntamiento o empresa municipal como operador mediante comunicación a la CMT (en caso de explotación directa por parte de éste).

9. Puesta en marcha y pilotaje de la red.

10. Comienzo de operaciones.





# 6

## Glosario

## 6. Glosario

**3G:** Tercera generación de telefonía móvil

**AAA:** Authentication, Authorization and Accounting. (Autenticación, autorización y tarificación)

**AES:** Advanced Encryption Standard (Estándar de Encriptación Avanzada)

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital asimétrica)

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode. (Modo de transferencia asíncrona)

**Backbone:** Red troncal

**Canales no solapados:** Se denomina así a los canales RF de las bandas de uso libre que se pueden usar de forma simultánea sin que se solapen entre sí, y por tanto no se interfieran

**CATV:** Televisión por cable

**CAPEX:** Capital Expenditure (Inversiones iniciales o de mantenimiento o de mejora)

**CMT:** Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones

**CNAF:** Cuadro nacional de atribución de frecuencias

**CPD:** Centro de Proceso de Datos

**CSMA/CD:** Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (Acceso múltiple con detección de portada y de colisiones)

**DVB:** Digital Video Broadcasting (Estándar para difusión de televisión)

**EDGE/EGPRS:** Protocolos de Transferencia de datos mejorados para la evolución de GSM

**FTP:** File Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de ficheros)

**FCC:** Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América

**Firewall:** Cortafuegos, elemento hardware o software utilizado para controlar las comunicaciones, permitiéndolas o prohibiéndolas

**Ghz:** Gigahercio (mil millones de Hercios)

**GPRS:** General Packet Radio Service. Transmisión de datos vía GSM

**GSM:** Global System for Mobile Communications. Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, Telefonía 2G

**HFC:** Híbrido de Fibra y Coaxial para una red de banda ancha

**Hosting:** Alojamiento web

**HSDPA:** High Speed Downlink Packet Access (Acceso descendente de paquetes de alta velocidad)

**HSUPA:** High Speed Uplink Packet Access (Acceso ascendente de paquetes de alta velocidad)

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

**IP:** Internet Protocol (Protocolo de Internet)

**ISM:** Bandas del espectro radioeléctrico reservadas internacionalmente para uso industrial, científico y médico

**ISP:** Proveedor de servicios de Internet

**Kbps:** Kilo bits por segundo (mil bits por segundo)

**Latencia:** Suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de datos dentro de la red

**LGT:** Ley General de Telecomunicaciones

**LMDS:** Local Multipoint Distribution System (Sistema de Distribución Local Multipunto)

**LOPD:** Ley Orgánica de Protección de Datos

**LSSY:** Ley de Servicios de la Sociedad de la Información

**Mbps:** Mega bits por segundo (millón de bits por segundo)

**MESH:** Topología de red mallada

**Mhz:** Megahercio (millón de hercios)

**MIMO:** Multiple Input Múltiple Output (Múltiple entrada,múltiple salida)

**Multiplexación:** Combinación de dos o más flujos de información en un solo medio de transmisión

**mW:** Miliwatio (milésima de Watio)

**OFDM:** Orthogonal Frequency Division Mutiplexing (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales)

**OPEX:** Operating Expenditure (Gastos operativos)

**P2P:** Peer to Peer. Red de pares, cada nodo actúa como cliente y servidor para otros nodos

**PIRE:** Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

**PLC:** Power Line Communication. Banda ancha mediante red eléctrica

**POP3:** Protocolo para obtener los mensajes de correo electrónico guardados en un servidor

**RA:** Red de acceso para usuarios finales

**RADIUS:** Protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP

**RT:** Red Troncal o backbone

**Roaming:** Capacidad de un dispositivo móvil para moverse de una zona de cobertura a otra

**Router:** Enrutador, dispositivo para el encaminamiento de la información entre redes

**RF:** Radio frecuencia

**SAI:** Sistema de Alimentación Ininterrumpida

**Segmentación:** División de la información para la optimización de su envío

**SETSI:** Secretaria de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información

**SLA:** Service Level Agreement (Acuerdo de nivel de servicio)

**SNMP:** Simple Network Management Protocol (Protocolo simple de gestión de red)

**SMTP:** Simple Mail Transfer Protocol. (Protocolo simple de transferencia de correo)

**SOHO:** Referido a entornos domésticos o de pequeña empresa

**Sobresuscripción:** Mecanismo por el que se comparte un canal entre varios usuarios bajo estimaciones estadísticas de uso no simultáneo

**SSL:** Secure Socket Layer. Seguridad de la Capa de Transporte. Protocolos criptográficos que proporcionan comunicaciones seguras en Internet

**SSH:** Secure Shell. Nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, y sirve para acceder a máquinas remotas a través de una red de forma segura

**Streaming:** Distribución de contenido multimedia a través de Internet

**Switch:** Conmutador, dispositivo para la interconexión de redes

**Telnet:** Protocolo para acceder a máquinas remotas a través de una red

**TIC:** Tecnologías de la Información y Comunicaciones

**TPC:** Transmit Power Control. Técnicas de control de potencia aplicadas en equipos radio

**Throughput:** Volumen de información que fluye por un determinado elemento, sistema o red

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System (Sistema universal de las Telecomunicaciones móviles)

**USB:** Universal Series Bus (puerto universal serie)

**Velocidad de bajada:** Velocidad de datos máxima alcanzada en el sentido Red - Usuario

**Velocidad de subida:** Velocidad de datos máxima alcanzada en el sentido Usuario - Red

**VLAN:** Virtual Local Area Network (Red de área local virtual)

**VNC:** Control remoto de un PC

**VOIP:** Voz sobre protocolo de Internet

**VPN:** Virtual Private Network (Red privada virtual)

**WAN:** Wide Area Network (Red de área extensa inalámbrica)

**WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access (Acceso múltiple por división de código de banda ancha)

**WEP:** Wired Equivalent Privacy. Mecanismo de seguridad en redes wireless

**WIFI:** Wireless Fidelity

**WiMAX:** Estándar IEEE 802.16, redes inalámbricas de tipo metropolitano

**Wireless:** Sin cables

**WLAN:** Wireless Local Area Network (Red de área local inalámbrica)

**WLL:** Wireless Local Loop (Bucle local inalámbrico)

**WMAN:** Wireless Metropolitan Area Network (Red de área metropolitana inalámbrica)

**WPA/ WPA2:** WIFI Protected Access (Acceso protegido WIFI). Mecanismo de seguridad en redes wireless

**WPAN:** Wireless Personal Area Network (Red de área personal inalámbrica)

**XDSL:** Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital)





# 7

## Referencias bibliográficas

## 7. Referencias bibliográficas

- Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.
- Real Decreto de 1066/2001 del 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- La actividad de las AAPP en el sector de las telecomunicaciones. Catálogo de buenas prácticas. 2005, Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Estudio Banda Ancha julio 2004, Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de las Telecomunicaciones.
- Agenda 2004 de la Sociedad de la Información, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Informe final del Consejo Asesor de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, junio 2005. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Plan Andalucía Sociedad de la Información, diciembre 2006, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.
- La brecha digital, julio 2006. Centro de Estudios Andaluces, Consejería de la Presidencia. Junta de Andalucía.
- Barómetro I@andalus 2005. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.
- La Sociedad de la Información en España 2006. Fundación Telefónica.
- eEspaña 2006. Informe anual sobre el desarrollo de la Sociedad de la Información en España. Fundación France Telecom.
- eGovernment in Europe: The State of Affairs, julio 2003. Christine Leitner. Comisión Europea.
- Estándar 802.11. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Informe Comunicaciones móviles e inalámbricas, septiembre 2005. Grupo de Análisis y prospectiva del Sector de las Telecomunicaciones (GAPTEL).
- Guía de referencia Cumplimiento de la normativa de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa para la instalación de redes inalámbricas. Junta de Andalucía.
- Ponencia Contratos públicos de servicio de Telecomunicaciones, abril 2005. Miguel Bravo-Ferrer Delgado.
- Estudio WIFI, Análisis, diagnóstico y políticas públicas, noviembre 2003. Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de las Telecomunicaciones (GAPTEL).
- La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes ("WIFI"), 2004. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Orden CTE/630/2002 de 14 de marzo de 2002 por la que se aprueba el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).
- Ley Orgánica 15/1999 de diciembre de protección de datos de carácter personal.
- Ley 34/2002, de 11 de julio, de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico.
- Redes de Acceso de Banda Ancha, 2003. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.





# 8

## Enlaces de interés

## 8. Enlaces de interés

- Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones: [www.cmt.es](http://www.cmt.es)
- GAPTEL: <http://observatorio.red.es/gaptel/Web>
- Instituto de Estadística de Andalucía: [www.juntadeandalucia.es/iea/](http://www.juntadeandalucia.es/iea/)
- Instituto nacional de Estadística: [www.ine.es](http://www.ine.es)
- Asociación de Internautas: [www.internautas.org](http://www.internautas.org)
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: [www.mityc.es](http://www.mityc.es)
- Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (SETSI)  
[www.mityc.es/Telecomunicaciones/](http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/)
- Registro de Instaladores: [www.mityc.es/Telecomunicaciones/Secciones/Registro/Instaladores/](http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/Secciones/Registro/Instaladores/)
- Real Decreto 1066/2001: [www.boe.es/boe/dias/2001/09/29/pdfs/A36217-36227.pdf](http://www.boe.es/boe/dias/2001/09/29/pdfs/A36217-36227.pdf)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión: [www.mtas.es/insht/legislation/RD/REBT.htm](http://www.mtas.es/insht/legislation/RD/REBT.htm)
- Programa Ciudades Digitales del MITyC: [www.mityc.es/ciudades/](http://www.mityc.es/ciudades/)
- IEEE: [www.ieee.org](http://www.ieee.org)
- WiFi Alliance: [www.wi-fi.org](http://www.wi-fi.org)
- WiMAX Forum: [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)
- Wireless Mesh Networks: [http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_mesh\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_mesh_network)
- 3rd Generation Partnership Project: [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa: [www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa](http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa)
- Dirección General de Infraestructuras y Servicios Tecnológicos:  
[www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa](http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa)
- Consulta Teleco: [www.consultateleco.es](http://www.consultateleco.es)
- SATI: [http://www.femp.es/index.php/femp/sati\\_servicio\\_de\\_asesoramiento\\_t\\_cnico\\_e\\_informaci\\_n](http://www.femp.es/index.php/femp/sati_servicio_de_asesoramiento_t_cnico_e_informaci_n)
- Repositorio de Software Libre: [www.juntadeandalucia.es/repositorio/](http://www.juntadeandalucia.es/repositorio/)





# 9

## Anexos

9.1. Anexo 1: Alta como operador en la CMT	137
9.1.1. Documentación de la CMT	137
9.1.2. Ejemplo de notificación de operador	144
9.2. Anexo 2: Normas de utilización nacional	156
9.2.1. Nota de utilización nacional para la banda de 2.4 GHz (UN-85)	156
9.2.2. Nota de utilización nacional para la banda de 5 GHz (UN-128)	156

## **9. Anexos**

### **9.1. Anexo 1: Alta como operador en la CMT**

#### **9.1.1. Documentación de la CMT.**



**COMISION DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**EXPLOTACIÓN DE REDES  
O  
PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE  
COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS**

**DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA  
LA NOTIFICACIÓN A LA  
COMISIÓN DEL MERCADO DE LAS  
TELECOMUNICACIONES**

**DIRECCIÓN DE REGULACIÓN DE OPERADORES  
Carrer de la Marina, 16-18  
Edificio Torre Mapfre  
08005 Barcelona  
Tif. 93 603 62 00**



## COMISION DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES

### DOCUMENTACION REQUERIDA PARA LA NOTIFICACIÓN

REAL DECRETO 424/2005, DE 15 DE ABRIL, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO SOBRE LAS CONDICIONES PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS, EL SERVICIO UNIVERSAL Y LA PROTECCIÓN DE LOS USUARIOS

LEY 32/2003, DE 3 DE NOVIEMBRE, GENERAL DE TELECOMUNICACIONES

DIRECTIVA 2002/20/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

LEY DE RÉGIMEN JURÍDICO DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS Y DEL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO COMÚN

#### 1). DOCUMENTACIÓN ADMINISTRATIVA <sup>1</sup>

(Toda la documentación estará integrada por **originales o copias autenticadas**<sup>2</sup>, art. 46, LRJPAC y artículo 5 del Real Decreto 424/2005)

##### A) Notificación a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.

(Datos que deben incluirse, artículo 3.3. de la Directiva, art. 6 de la LGTel y art. 5 RD 424/2005).

- a) Indicar si es primera Notificación o modificación de una anterior. <sup>3</sup>
- b) Nombre y apellidos / denominación o razón social del interesado.
- c) C.I.F. o N.I.F., según proceda.
- d) Domicilio social.
- e) Representante legal en el caso de personas jurídicas.
- f) Persona responsable a efecto de notificaciones con domicilio en España.
- g) Lugar y fecha de la notificación.
- h) Firma del interesado o representante legal en su caso.
- i) Compromiso expreso de someterse a las condiciones previstas para el ejercicio de la actividad que pretenda realizar (art. 6.2 de la LGTel).
- j) Declaración expresa de someterse a los tribunales españoles.
- k) Declaración responsable del cumplimiento de los requisitos exigibles.
- l) Si así lo desea el interesado, sumisión expresa al arbitraje de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en los términos establecidos en su Reglamento y en la Ley General de Telecomunicaciones, para resolver las controversias en el ejercicio de su actividad.
- m) Fecha prevista del inicio de la actividad.
- n) Cuando el interesado sea una Administración Pública o una entidad participada por una Administración Pública, **deberá comunicar tales extremos expresamente**, haciendo mención, en su caso, al porcentaje de la participación pública.
- o) Cuando el interesado sea una sociedad que tenga derechos exclusivos otorgados por la **legislación específica en sectores como el agua, electricidad o transporte**, deberá informar expresamente de tales circunstancias.

##### B) Acreditación fehaciente del interesado.

- a) Si el interesado es persona física:
  - Número del documento nacional de identidad o, si fuera extranjera, la nacionalidad y el número de pasaporte.

<sup>1</sup> Presentación de la documentación:

- Los documentos se presentarán en **castellano**. Aquellos que se aporten en lengua extranjera deberán estar traducidos oficialmente al castellano. (art. 36.1, LRJPAC)
- Si algún documento está ya en poder de la C.M.T. indique el número de expediente en el que se encuentra. (art. 35.f, LRJPAC).
- Cuando el interesado desee la devolución de algún original, lo hará saber en hoja separada a la notificación, indicando claramente el documento o documentos de que se trate. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, una vez comprobada la documentación, la remitirá al interesado salvo que los originales deban constar en el expediente (artículo 35.c, LRJPAC).

<sup>2</sup> La compulsua de la documentación debe efectuarse con arreglo a lo dispuesto en el Real Decreto 772/1999, de 7 de mayo de 1999, por el que se regula la presentación de solicitudes, escritos y comunicaciones ante la Administración General del Estado, la expedición de copias de documentos y devolución de originales y el régimen de las oficinas de registro.

<sup>3</sup> Se entiende que es primera notificación cuando el operador no conste ya inscrito en el Registro de Operadores y modificación cuando se trate de notificar una nueva actividad.



## COMISION DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES

- Nombre y apellidos y, en su caso, los de la persona que lo represente.
  - Domicilio en España a los efectos de notificaciones.
  - Documentación que acredite la capacidad y representación del representante, en su caso.
- b) Si el interesado es persona jurídica:
- Razón social.
  - Número de identificación fiscal y datos registrales.
  - Domicilio en España a los efectos de notificaciones.
  - Nombre y apellidos de la persona responsable a los efectos de notificaciones.
  - Documentación que acredite la capacidad y representación del representante.
  - Para personas jurídicas extranjeras nacionales de Estados miembros de la Unión Europea y de Estados signatarios del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, la documentación que acredite su capacidad de obrar consistirá en una certificación que acredite la inscripción en los registros que, de acuerdo con la legislación en cada Estado, sea preceptiva. Para el resto de personas jurídicas extranjeras será necesaria la presentación de una certificación expedida por la respectiva representación diplomática española en la que se haga constar que figuran inscritas en el Registro local profesional, comercial o análogo o, en su defecto, que actúan legalmente y con habitualidad en el ámbito de las actividades correspondientes.
  - En caso de ser una persona nacional de un Estado que no sea miembro de la Unión Europea, indicación del convenio internacional que le habilita para explotar redes o prestar servicios de comunicaciones electrónicas en España o, en su defecto, indicación del acuerdo del Consejo de Ministros que le autorice de forma excepcional

## 2). DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

### A) Descripción de la red que se quiere explotar.

- a) Breve descripción de la ingeniería y diseño de red, incluyendo:
- Ámbito territorial de cobertura.
  - Indicar si la red es propia o ajena, total o parcialmente.
  - Indicar si la implantación de la red requiere la ocupación del dominio público o de la propiedad privada.
  - Indicar si la implantación de la red requiere la ocupación del dominio público radioeléctrico.
  - Indicar si la red prestará el servicio soporte del servicio de radiodifusión sonora y televisión.
  - Diagrama de bloques (croquis) complementario que facilite la descripción.
- b) Tipo de tecnología o tecnologías a emplear.
- c) Descripción de las medidas de seguridad y confidencialidad que se prevén implantar en la red.
- d) Indicación de la red que se quiere explotar:
- Explotación de una red telefónica (fija o móvil),
  - Explotación de una red de comunicaciones electrónicas (Acceso radio en la banda de 26 GHz., Acceso radio en la banda de 3,4 a 3,6 GHz., Cable submarino, Fibra oscura, Red basada en la utilización del dominio público radioeléctrico a través frecuencias de uso común (RLAN-WIFI), Red basada en satélites, Red de canalizaciones, Red basada en el uso de tecnología Power Line Communications (PLC), Red fija, Red soporte de los servicios de radiodifusión sonora y televisión, Servicios de alojamiento, Transmisión de datos para uso aeronáutico, etc.).



## COMISION DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES

### **B) Descripción del servicio que se quiere suministrar.**

- a) Descripción funcional de los servicios, incluyendo:
- Diagrama de bloques (croquis) complementario que facilite la descripción, incluyendo la tecnología a utilizar.
  - Si se utilizará red propia o ajena. En el caso de utilizar red propia, deberá acompañarse también la información solicitada en el apartado A).
  - Ámbito territorial de prestación del servicio.
- b) Oferta de servicios y su descripción comercial.
- c) Indicación del **servicio o servicios**<sup>4</sup> que se quiere prestar, tales como:
- Acceso a bases de datos (guías de abonado),
  - Almacenamiento y reenvío de mensajes cortos (SMS),
  - Consulta telefónica sobre números de abonado
  - Consulta sobre números de abonado mediante mensajes cortos (SMS),
  - Correo electrónico,
  - Fax bajo demanda,
  - Intercambio electrónico de datos (EDI),
  - Interconexión de redes de área local,
  - Mensajería vocal,
  - Proveedor de acceso a Internet,
  - Radiobúsqueda de ámbito local,
  - Radiobúsqueda de ámbito nacional,
  - Radiocomunicaciones móviles terrestres en grupos cerrados de usuarios,
  - Reventa de capacidad/transmisión de circuitos,
  - Reventa del servicio telefónico fijo disponible al público,
  - Reventa del servicio telefónico móvil disponible al público,
  - Suministro de conmutación de datos por paquetes o circuitos,
  - Telefonía vocal en grupo cerrado de usuarios,
  - Telefónico fijo disponible al público,
  - Telefónico móvil sin red de acceso móvil (OMV)
  - Telefónico sobre redes de datos en interoperabilidad con el servicio telefónico disponible al público,
  - Transporte de tráfico telefónico entre operadores,
  - Transmisión de información, texto, imagen y sonido mediante redes públicas fijas.
  - Vídeo bajo demanda,
  - Videoconferencia,
  - Vocales nómadas,
  - Vocales nómadas multimedia,
  - Voz sobre redes privadas IP CENTREX,
  - Cualquier otro servicio detallado por el operador que no figure en esta relación:

<sup>4</sup> Esta descripción de servicios no es una lista cerrada, solamente se facilita a título orientativo a los efectos de facilitar al operador la elección de la denominación de los mismos.

**NOTIFICACIÓN A LA  
COMISIÓN DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES**

- Primera Notificación
- Modificación  
(señalar lo que proceda)

Don/Doña. ...., con N.I.F. número ....., en su propio nombre y derecho/en nombre y representación de la sociedad, (táchese lo que no proceda) ....., con C.I.F. nro., ..... con domicilio en España<sup>5</sup> a efectos de notificaciones en ..... calle ..... nro. ...., piso, ....., puerta, ....., población ..... provincia de ..... código postal ....., en virtud de lo dispuesto en artículo 6.2 de la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones, notifica a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones su intención de iniciar la actividad que a continuación se detalla, aportando la documentación que se relaciona, al amparo de lo dispuesto en el artículo 6.1 de la Ley General de Telecomunicaciones, sometiéndome a los tribunales españoles y a las condiciones previstas, legal o reglamentariamente, para el ejercicio de la actividad que se pretende realizar:

- Número del Expediente de la primera Notificación** \_\_\_\_\_  
(en caso de modificación)
- Fecha prevista para el inicio de la actividad** (en todos los casos)  
Día, mes y año:
- Declaración responsable de cumplimiento de los requisitos exigibles.**
- Sumisión al arbitraje de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones**  
(opcional)
- Documentación que se acompaña**  
(detallada en hoja adjunta)
- Descripción de la red que se va a explotar**, en su caso  
(descripción en hoja adjunta, ajustándose a lo especificado en la hoja anterior)
- Descripción del servicio o servicios de comunicaciones electrónicas que se suministrarán**, en su caso  
(Descripción en hoja adjunta, ajustándose a lo especificado en la hoja anterior)

En ....., a ..... de ..... de 2006

Fdo.:.....

<sup>5</sup> Cuando el domicilio social de la entidad o el del representante legal de la misma no coincida con el domicilio en España, se deberá designar una persona física a tales efectos.

### **Declaración responsable**

Don/Doña \_\_\_\_\_, con N.I.F. \_\_\_\_\_, en su propio nombre y derecho/en nombre y representación de la sociedad, (táchese lo que no proceda) \_\_\_\_\_, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 5.5.g) del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril, por el que se aprueba el Reglamento sobre las condiciones para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas, el servicio universal y la protección de los usuarios, declaro el cumplimiento de los requisitos exigibles, en virtud de lo establecido en la Ley General de Telecomunicaciones y en su normativa de desarrollo.

Fdo.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, a \_\_\_, de \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_

**ANEXO A LA NOTIFICACIÓN <sup>6</sup>**

- Primera inscripción  
 Modificación

<b>DATOS OBJETO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO REGISTRO DE OPERADORES DE REDES Y DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS</b>				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL				
C.I.F./N.I.F.		NACIONALIDAD:		
DOMICILIO SOCIAL				
DOMICILIO A EFECTOS DE NOTIFICACIONES				
INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO MERCANTIL	Registro de:	Tomo:	Libro:	
	Folio:	Sección:	Hoja:	Inscripción:
	(Nombre y N.I.F.)			
REPRESENTANTES LEGALES				
RESPONSABLE A EFECTOS DE NOTIFICACIONES	(Nombre y N.I.F.)			
<b>DATOS DE LA ACTIVIDAD (Resumen)</b>				
FECHA PREVISTA DEL INICIO DE LA ACTIVIDAD	(indicar día, mes y año)			
TIPO DE SERVICIO O SERVICIOS	(indicar sólo la denominación)			
TIPO DE RED	(indicar sólo la denominación)			
ÁMBITO DE COBERTURA				
SOMETIMIENTO A ARBITRAJE DE LA CMT	(indicar SI o NO)			
OBSERVACIONES				

<b>Se ruega que, a efectos informativos, rellene estos datos, indicando, además, si desea que se incluyan en el Registro</b>	
TELÉFONO	FAX:
CORREO ELECTRÓNICO	
DIRECCIÓN URL	
MARCA COMERCIAL	

<sup>6</sup> (En caso de rellenar este impreso a mano, se ruega que utilicen letras mayúsculas)

## 9.1.2. Ejemplo de notificación de operador.

Anexo

### NOTIFICACIÓN A LA COMISIÓN DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES

- Primera Notificación
- Modificación  
(señalar lo que proceda)

Don/Doña. **XXXXXXXXXXXX**, con N.I.F. número **XXXXXXXXXXXX**, en su propio nombre y derecho/en nombre y representación de la sociedad, (táchese lo que no proceda) **Sociedad para la Promoción y Explotación de los Recursos de Antequera y su Comarca S.A. (SPERACSA)**, con C.I.F. nro., **XXXXXX** con domicilio en España<sup>6</sup> a efectos de notificaciones en **Antequera** calle **XXXXXXXXXXXX**, nro. -, piso, -, puerta, -, población **Antequera** provincia de **Málaga** código postal **XXXXX**, en virtud de lo dispuesto en artículo 6.2 de la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones, notifica a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones su intención de iniciar la actividad que a continuación se detalla, aportando la documentación que se relaciona, al amparo de lo dispuesto en el artículo 6.1 de la Ley General de Telecomunicaciones, sometiéndome a los tribunales españoles y a las condiciones previstas, legal o reglamentariamente, para el ejercicio de la actividad que se pretende realizar:

- Número del Expediente de la primera Notificación** \_\_\_\_\_  
(en caso de modificación)
- Fecha prevista para el inicio de la actividad** (en todos los casos)  
Día, mes y año: **01-10-2005**
- Declaración responsable de cumplimiento de los requisitos exigibles.**
- Sumisión al arbitraje de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones**  
(opcional)
- Documentación que se acompaña**  
(detallada en hoja adjunta)
- Descripción de la red que se va a explotar**, en su caso  
(descripción en hoja adjunta, ajustándose a lo especificado en la hoja anterior)
- Descripción del servicio o servicios de comunicaciones electrónicas que se suministrarán**, en su caso  
(Descripción en hoja adjunta, ajustándose a lo especificado en la hoja anterior)

En **Antequera** , a **25** de **Septiembre** de 2005

Fdo.: **D. XXXXXXXXXXXXX**

<sup>6</sup> Cuando el domicilio social de la entidad o el del representante legal de la misma no coincida con el domicilio en España, se deberá designar una persona física a tales efectos.

**ANEXO A LA NOTIFICACIÓN <sup>7</sup>**

- Primera inscripción  
 Modificación

<b>DATOS OBJETO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE OPERADORES DE REDES Y DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS</b>				
<b>NOMBRE O RAZÓN SOCIAL</b>	SOCIEDAD PARA LA PROMOCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS DE ANTEQUERA S.A. (SPERACSA)			
<b>C.I.F./N.I.F.</b>	XXXXXXX	<b>NACIONALIDAD:</b>	ESPAÑOLA	
<b>DOMICILIO SOCIAL</b>	XXXXXXX ANTEQUERA			
<b>DOMICILIO A EFECTOS DE NOTIFICACIONES</b>	XXXXXXX ANTEQUERA			
<b>INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO MERCANTIL</b>	<b>Registro de:</b> XX	<b>Tomo:</b> XX	<b>Libro:</b> X	
	<b>Folio:</b> XX	<b>Sección:</b> XX	<b>Hoja:</b> XX	<b>Inscripción:</b>
<b>REPRESENTANTES LEGALES</b>	XXXXXXX			
<b>RESPONSABLES A EFECTOS DE NOTIFICACIONES</b>	XXXXXXX			
<b>DATOS DE LA ACTIVIDAD (Resumen)</b>				
<b>FECHA PREVISTA DEL INICIO DE ACTIVIDAD</b>	01-10-2005			
<b>TIPO DE SERVICIO O SERVICIOS</b>	PROVEEDOR DE ACCESO A INTERNET			
<b>TIPO DE RED</b>	RED BASADA EN LA UTILIZACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO RADIOELÉCTRICO A TRAVÉS DE FRECUENCIAS DE USO COMÚN (RLAN-WIFI)			
<b>ÁMBITO DE COBERTURA</b>	COMARCA DE ANTEQUERA.			
<b>SOMETIMIENTO A ARBITRAJE DE LA CMT</b>	SI			
<b>OBSERVACIONES</b>				

<b>Se ruega que, a efectos informativos, rellene estos datos, indicando, además, si desea que se incluyan en el registro</b>				
<b>TELÉFONO</b>	XXXXXXX	<b>FAX</b>	XXXXXXX	
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>				
<b>DIRECCIÓN URL</b>				
<b>MARCA COMERCIAL</b>				

<sup>7</sup> (En caso de rellenar este impreso a mano, se ruega que utilicen letras mayúsculas)

## **Declaración responsable**

Don XXXXXXX, con N.I.F. XXXXXXX, en nombre y representación de la sociedad, Sociedad para la Promoción y Explotación de los Recursos de Antequera y su Comarca, S.A. (SPERACSA), en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 5.5.g) del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril, por el que se aprueba el Reglamento sobre las condiciones para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas, el servicio universal y la protección de los usuarios, declaro el cumplimiento de los requisitos exigibles, en virtud de lo establecido en la Ley General de Telecomunicaciones y en su normativa de desarrollo.

Fdo.: XXXXXXX

Antequera, a 23 de Noviembre, de 2005



**DOCUMENTACIÓN TÉCNICA  
NOTIFICACIÓN A LA COMISIÓN DEL  
MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES**



**SPERACSA**

XXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXX Antequera – Málaga  
T: XXXXXXXX F: XXXXXXXX  
C.I.F.: XXXXXXXX



## 1 Descripción de la red a explotar

### 1.1 Introducción

La red que desea operar la Sociedad para la Promoción y Explotación de los Recursos de Antequera y su Comarca S.A. (SPERACSA), sociedad municipal perteneciente al Ayuntamiento de Antequera, es una red inalámbrica de transporte de datos que se va a usar para dar servicio de acceso básico a Internet a las pedanías del término municipal de Antequera en las que actualmente no existe ningún operador de banda ancha que ofrezca un servicio similar.

Inicialmente, el ámbito territorial de cobertura de esta red estará formado por los núcleos poblacionales de las siguientes pedanías, todas ellas en el término municipal de Antequera:

- Cartaojal
- Bobadilla Estación
- Bobadilla Pueblo
- Llanos de Antequera
- Colonia Santa Ana

La red a explotar está compuesta por dos subredes de naturaleza distinta:

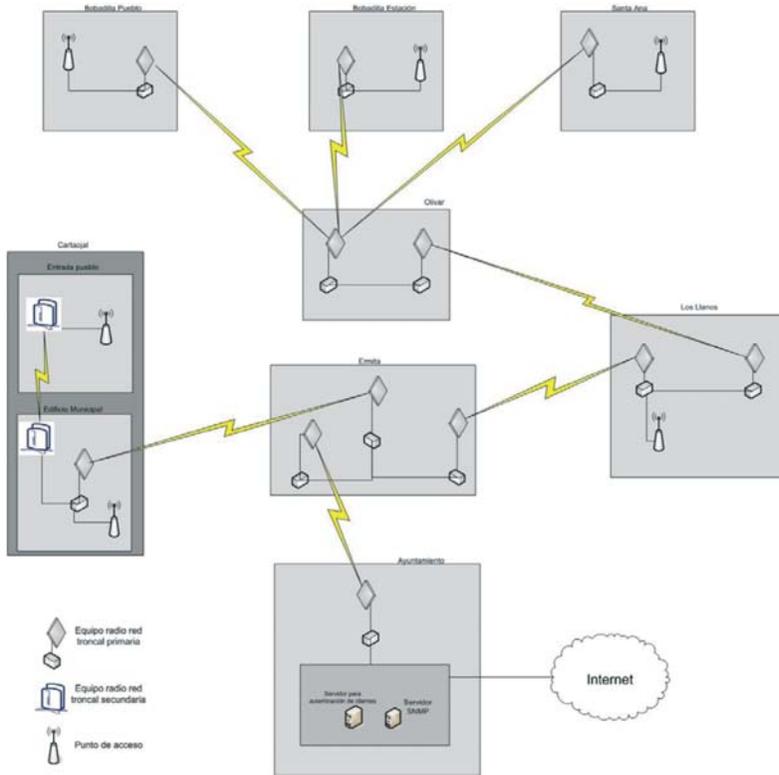
- Red Troncal: Es una red que une el CPD instalado en el Ayuntamiento de Antequera con los edificios municipales de las 5 pedanías. La principal función de esta red es dotar de acceso a Internet a los 5 edificios municipales, donde se instalarán ordenadores a disposición de los habitantes de la pedanía, constituyendo una red de uso privado.
- Red de Acceso de Usuarios: Aprovechando la conexión a Internet en los edificios municipales de cada pedanía, se va a ofrecer acceso a Internet mediante tecnología inalámbrica (WiFi) a los habitantes que se encuentren en las inmediaciones del edificio, ya que se instalará un punto de acceso inalámbrico en cada uno de los edificios (dos en el caso de Cartaojal). Esta red es de uso público y se facturará a los usuarios por el uso de la misma, cumpliendo con todo lo establecido en el reglamento para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de la Ley General de Telecomunicaciones.

Tanto la red troncal como la red de acceso de usuarios son propias en su totalidad y todos los equipos necesarios están ubicados en zonas pertenecientes al Ayuntamiento de Antequera y en zona privadas en las que se ha llegado a un acuerdo con sus propietarios.

Para implementar la red se usará tecnología inalámbrica en banda libre, usando para ello el dominio público radioeléctrico en las bandas de uso no licenciado (2,4 GHz y 5 GHz) según las normas del CNAF UN-85 y UN-128.

### 1.2 Diagrama de bloques

A continuación se muestra un diagrama de bloques donde se muestra la interconexión de los equipos de la red troncal, la red de acceso de usuarios y el CPD.



**1.3 Descripción de la naturaleza, características y funcionamiento de la red.**

En la red se incorporan además servidores específicos para la gestión de la red (basado en una solución SNMP) y para la gestión de usuarios (usando servidor RADIUS) con soporte 802.1x.

La seguridad en las comunicaciones está garantizada de distintas formas:

- Los equipos usados para las redes troncales primarias y secundarias usan encriptación AES (Advanced Encryption Standard) de 128 bits.
- Los equipos usados en la red de acceso están configurados para ofrecer encriptación avanzada (WPA) con clave dinámica por sesión y usuario.

En los apartados siguientes se detalla las tecnologías utilizadas en la Red Troncal y en la Red de Acceso de Usuarios.



### 1.3.1 Red troncal

Para la Red troncal se han usado equipos Pre-WiMax (cumplen la mayoría de las características del estándar) que trabajan en la banda libre de 5 GHz (UN-128). Son equipos denominados *carrier-class*, que ofrecen niveles muy elevados de fiabilidad y estabilidad. Sus características principales son:

- Funcionan en la banda de 5 GHz, con 1 W PIRE de emisión según la nota UN-128, pudiendo alcanzar distancias de hasta 15 kilómetros, y son capaces de funcionar en situaciones de NLOS aprovechando los rebotes en los objetos para iluminar zonas de sombra. Estas capacidades se consiguen gracias al uso de modulación OFDM, que soporta mejor los fenómenos de propagación multicamino presentes en estos casos.
- Puede así mismo implementar mecanismos de QoS y garantizar un ancho de banda determinado, tanto en el canal de *uplink* como en el canal de *downlink*, elemento muy necesario para implementar una red troncal de comunicaciones inalámbricas como la que se va a desplegar. Estos equipos soportan el estándar 802.1p y ToS, haciendo posible fijar valores para CIR y MIR para cada estación suscriptor, implementando de esa manera una gestión eficiente del ancho de banda para cada usuario.
  - CIR (*Committed Information Rate*): hace referencia a la velocidad de comunicaciones garantizada en un enlace. Siempre se podrá transmitir al menos esa velocidad, aunque haya más equipos conectados.
  - MIR (*Maximum Information Rate*): se refiere a la máxima velocidad de comunicaciones posible en un enlace. Nunca se transmitirá información con una velocidad mayor que esa.
- Al ser equipos *carrier-class* su fiabilidad está garantizada, e incorporan otra serie de mejoras entre las que cabe destacar la implementación de un agente SNMP, gracias a lo cual podrán integrarse en un único sistema de gestión centralizado.
- Capacidades de seguridad mejoradas, gracias al uso del nuevo estándar de encriptación AES.
- Se incorpora un control automático de la potencia recibida, de modo que cada estación base monitoriza el nivel de señal procedente de cada una de las estaciones suscriptoras, controlando automáticamente el nivel de potencia a los valores más adecuados.
- La capacidad de ampliación futura del sistema está asegurada mediante actualizaciones firmware por parte del fabricante, incorporando nuevos algoritmos de encriptación, o superiores velocidades de transmisión.
- Otro aspecto a destacar de los equipos es que disponen de plena capacidad para operar en exteriores, al estar formados por un módulo *indoor* y otro módulo *outdoor* diseñado específicamente para operar a la intemperie.

### 1.3.2 Red de Acceso

La red de acceso debe facilitar el acceso de la forma más sencilla posible a los usuarios finales, por lo que se ha implementado una red basada en 802.11g (WiFi). Los equipos instalados tienen las siguientes características principales:

- Funcionamiento en banda libre de 2,4 GHz, con emisiones por debajo de 100 mW P.I.R.E. (según la norma UN-85)
- Compatible con los estándares 802.11b y 802.11g
- Certificado WPA (Wi-Fi Protected Access) y autenticación mutua 802.1x
- Claves de encriptación dinámicas por usuario y por sesión



- Autenticación usando portal cautivo
- Gestión de ancho de banda vía RADIUS
- Integración avanzada con RADIUS
- Antena omnidireccional exterior
- Soporte de redes virtuales en el interfaz inalámbrico, permitiendo la creación de redes separadas para entorno corporativo y usuarios.
- Bloqueo intra-celda para prevenir accesos no permitidos entre clientes
- Interfaces de gestión seguros (SNMPv3, SNMP sobre VPN, SSL y SSH)

Adicionalmente a los puntos de acceso, se ha instalado un sistema de gestión y control de usuarios formado por los siguientes componentes:

- Sistema de gestión: Se trata de un servidor con sistema operativo Microsoft Windows con un sistema de gestión basado en SNMP. Este servidor monitoriza todos los componentes hardware de la red para localizar posibles problemas.
- Sistema de control de usuarios: Servidor RADIUS para control de los usuarios, realizando tareas de autenticación, autorización y tarificación.
- Firewall: Cortafuegos instalado entre el router de acceso a Internet y la red desplegada por SPERACSA. Evita accesos indeseados desde Internet a los usuarios de la red operada.

#### **1.4 Tipo de red que se va a explotar**

La red que se va a explotar queda englobada dentro del siguiente apartado:

- Explotación de una red de comunicaciones electrónicas: Red basada en la utilización del dominio público radioeléctrico a través de frecuencias de uso común (RLAN-WIFI)



## 2 Descripción del servicio que se quiere suministrar

### 2.1 Introducción

El municipio malagueño de Antequera es un nudo de comunicaciones vital en Andalucía y cuenta con pedanías como Cartaojal, Bobadilla, que están más pobladas que numerosas localidades de la provincia pero no disponen de acceso a Internet de banda ancha.

La red descrita en el apartado anterior, además de actuar como red de datos interna para interconectar los edificios municipales, permitirá dar servicios de transmisión de datos disponibles al público, dando a los ciudadanos acceso a la sociedad de la información. Además permitirá como base para la prestación en el futuro de otros servicios como pueden ser teleadministración, comercio electrónico, teletrabajo, teleformación, telemedicina o gestión de servicios públicos.

### 2.2 Descripción de la naturaleza, características y funcionamiento del servicio

Se va a dar servicio de acceso básico a Internet a las siguientes pedanías del término municipal de Antequera:

- Cartaojal
- Bobadilla Estación
- Bobadilla Pueblo
- Llanos de Antequera
- Colonia Santa Ana

La red usada como soporte es la que describió en el apartado anterior, y como ya se mencionó anteriormente pertenece exclusivamente al Ayuntamiento de Antequera (SPERACSA), y será esta la encargada de su explotación. El acceso a Internet proporcionado será de banda ancha, ofreciendo un servicio básico de 256 kbps de bajada y 128 kbps de subida.

Para el correcto funcionamiento del servicio, se dispone de un sistema que permite el control de acceso y gestión de los usuarios, de manera que solo podrán usar la red aquellos ciudadanos que previamente hayan contratado el servicio. Este sistema cumplirá dos objetivos:

- a) Permitir el acceso a la red a usuarios debidamente autorizados y que hayan abonado la cuota establecida.
- b) Proporcionar los medios adecuados para una correcta tarificación de los usuarios, con los correspondientes *logs* de registro necesarios en todo proyecto cuyo fin sea el de constituirse como ISP (Proveedor de Acceso a Internet).

Así, los procesos que implementa el sistema son los siguientes:

- Autenticación: Proceso mediante el cual el usuario se identifica.
- Autorización: Comprobación de a que recursos tiene acceso el usuario.
- Tarificación: Control y registro de los recursos de red consumidos por el usuario.

Cuando el usuario se de de alta en el servicio, se le creará una entrada en el servidor RADIUS del sistema, y se le proporcionará un nombre de usuario y una contraseña. Este nombre de usuario y contraseña serán los que deben usar para autenticarse. La autenticación se llevará a cabo mediante un portal cautivo, de manera que el usuario usará su navegador de Internet como mecanismo de identificación, de la siguiente manera: tras asociarse a la red inalámbrica, el usuario tendrá acceso a una única página (el *portal cautivo*), que será gestionada y



controlada por los puntos de acceso inalámbricos. En esta página el usuario deberá introducir su *usuario* y *contraseña*, información que será enviada al servidor RADIUS para que la contraste con la almacenada en su base de datos. Si la información es correcta, se le permitirá al usuario acceder libremente a la red.

Es importante hacer notar que para que el usuario pueda asociarse a la red inalámbrica (no confundir con autenticarse ante el sistema), debe disponer de un cliente inalámbrico correctamente configurado con la clave WPA-PSK, con el fin de encriptar la comunicación a través del medio inalámbrico.

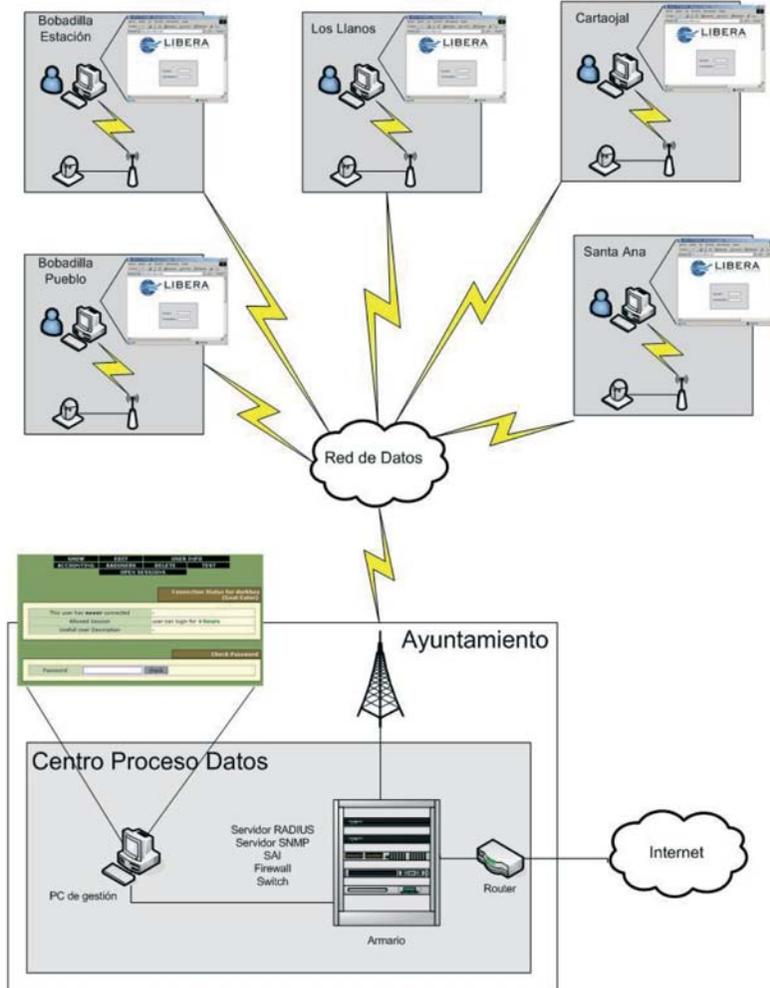
Así, una vez que el usuario esté asociado a la red inalámbrica, se definen dos niveles de autorización:

1. Usuario no autenticado. Tendrá solamente acceso a ciertos contenidos, como la página de inicio y acceso a la información turística y municipal. Se bloqueará cualquier otro tipo de tráfico.
2. Usuario autenticado. Se permitirá acceso a los contenidos del nivel de usuario no autenticado añadiendo acceso a Internet

Por último, el sistema también tarifica definiendo por cuanto tiempo tiene un usuario permiso para acceder a Internet. Si por ejemplo se contrata el servicio por 2 meses, el nombre de usuario y contraseña serán válidos durante esos 2 meses, a no ser que se extienda el contrato.

### 2.3 Diagrama de bloques

En el siguiente diagrama se representa como sería el funcionamiento del servicio.



## 2.4 Oferta de servicios

Inicialmente, el único servicio ofrecido por el operador será el de Acceso a Internet de banda ancha, con las siguientes características:

- 256 Kbps de subida y 128 Kbps de bajada
- Tarifa plana las 24 h
- Sin limitación por volumen de tráfico



El precio de este servicio estará entre 8 y 10 € mensuales, aunque existirá una fase de pruebas iniciales en la que el servicio se ofrecerá de forma gratuita.

### **2.5 Servicios a prestar**

Por todo lo expuesto anteriormente, SPERACSA puede ofrecer los siguientes servicios sobre la red expuesta en el apartado 1:

- Servicios de transmisión de datos: Proveedor de acceso a Internet

## 9.2. Anexo 2: Normas de utilización nacional.

**9.2.1. Nota de utilización nacional para la banda de 2.4 GHz (UN-85).** A continuación se expone el contenido de la nota de utilización nacional para la banda de 2.4 GHz:

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

**a)** Acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local para la interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones preferentemente en interior de recintos.

Las condiciones técnicas de uso han de ser conforme a la Decisión ERC/DEC/(01)07 y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, Anexo 3. La potencia isotrópica radiada equivalente total será inferior a 100 mW (p.i.r.e.).

Las características radioeléctricas de estos equipos se ajustarán a las especificaciones ETSI EN 300 328 o bien al estándar específico, si es el caso y en base a lo anterior deberá realizarse la correspondiente evaluación de la conformidad.

Esta utilización se considera de uso común.

**b)** Dispositivos de comunicaciones de corto alcance y gran capacidad para transmisión de voz y datos con muy baja potencia, permitiendo conectar diversos dispositivos en un radio de escasos metros.

La potencia isotrópica radiada equivalente máxima autorizada es de 100 mW (p.i.r.e.).

Esta utilización se considera de uso común.

**c)** Aplicaciones para dispositivos genéricos de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance.

La potencia radiada máxima será inferior a 10 mW y la norma técnica aplicable es la ETSI EN 300 440.

Esta utilización se considera de uso común.

**9.2.2. Nota de utilización nacional para la banda de 5 GHz (UN-128).** A continuación se expone el contenido de la nota de utilización nacional para la banda de 5 GHz:

Acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local de altas prestaciones en la banda de 5 GHz.

Las bandas de frecuencia indicadas seguidamente podrán ser utilizadas por el servicio móvil en

sistemas y redes de área local de altas prestaciones, de conformidad con las condiciones que se indican a continuación. Los equipos utilizados deberán disponer del correspondiente certificado de conformidad de cumplimiento con la norma EN 301 893 o especificación técnica equivalente.

Banda 5150 - 5350 MHz: En esta banda el uso por el servicio móvil en sistemas de acceso inalámbrico incluyendo comunicaciones electrónicas y redes de área local, se restringe para su utilización únicamente en el interior de recintos y las características técnicas deben ajustarse a las indicadas en la Decisión de la CEPT ECC/DEC/(04)08. La potencia isotrópica radiada equivalente máxima será de 200 mW (p.i.r.e.). Este valor se refiere a la potencia promediada sobre una ráfaga de transmisión ajustada a la máxima potencia. Adicionalmente, en la banda 5250-5350 MHz el transmisor deberá emplear técnicas de control de potencia (TPC) que permitan como mínimo un factor de reducción de 3 dB de la potencia de salida. En caso de no usar estas técnicas, la potencia isotrópica radiada equivalente máxima deberá ser de 100 mW (p.i.r.e)

Las utilizaciones indicadas anteriormente se consideran de uso común. El uso común no garantiza la protección frente a otros servicios legalmente autorizados ni puede causar perturbaciones a los mismos.

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

Estas instalaciones de redes de área local tienen la consideración de uso común. El uso común no garantiza la protección frente a otros servicios legalmente autorizados ni pueden causar perturbaciones a los mismos.

Los sistemas de acceso sin hilos incluyendo RLAN que funcionen en las bandas 5250-5350 MHz y 5475-5725 MHz deberán disponer de técnicas de reducción de ruido que cumplan con los requisitos de detección, operativos y de respuesta del Anexo 1 de la Recomendación UITR M.1652, con el fin de asegurar la compatibilidad con los sistemas de radiodeterminación. Las técnicas de reducción de ruido asegurarán que la probabilidad de seleccionar un determinado canal será la misma para todos los canales.



