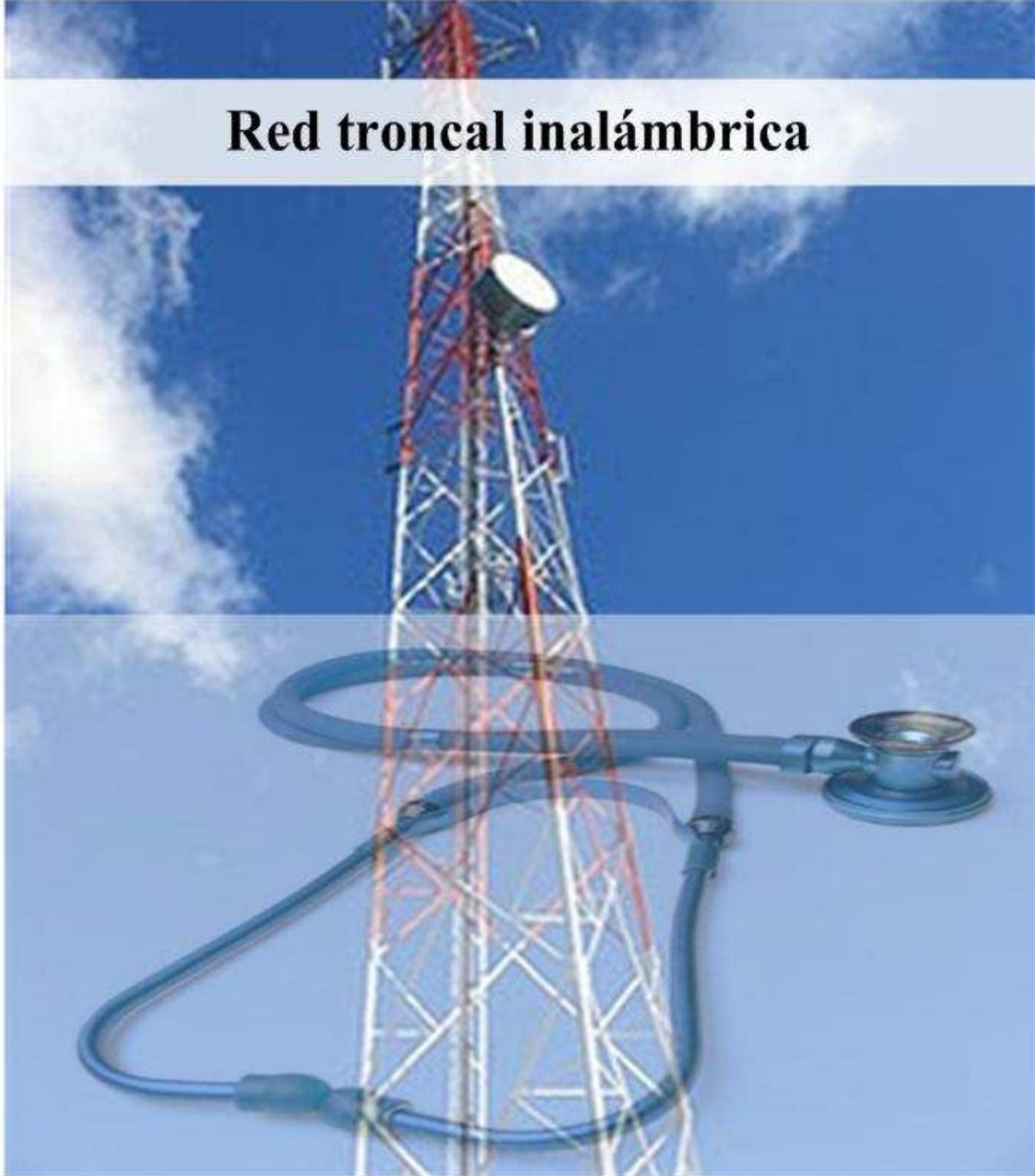


TFC - Integración de redes telemáticas

Red telemática para servicios de telemedicina móviles

## Red troncal inalámbrica



Alumno: Daniel González Blanco

Consultor: Miquel Font Rosselló

## Resumen

Las redes de comunicaciones inalámbricas aplicadas a la telemedicina aportan, en general, mayor flexibilidad a los servicios prestados y movilidad en la monitorización de los pacientes. Este hecho repercute directamente en una mejora en la calidad del servicio y una reducción del coste de la atención al paciente, a la vez que facilita la interacción entre médico y paciente, mejorando el seguimiento del mismo. Por tanto, este tipo de redes suponen un funcionamiento más eficaz, eficiente y competitivo del sistema sanitario, permitiendo mejoras en la gestión de los procesos de soporte en la actividad asistencial, la gestión hospitalaria, el intercambio de información o la movilidad de historias clínicas electrónicas.

Mediante la integración de estas redes inalámbricas surgen nuevas expectativas, ya que se puede realizar un tratamiento bidireccional de la información en tiempo real entre el punto concreto de atención al paciente y el centro de hospitalización, mejorando considerablemente la gestión hospitalaria o prehospitolaria del paciente. Adicionalmente, el uso de estas redes permite ofrecer servicios de telemedicina en zonas en las que no existan infraestructuras de telecomunicaciones específicas o en donde sea difícil el despliegue de las mismas, ofreciendo de esta manera una posible solución que sea fiable, segura, viable y de bajo coste en comparación con una red cableada. Por tanto, el atributo de movilidad repercute directamente como un valor añadido sobre algunos servicios de telemedicina como son el telediagnóstico o la telemonitorización.

Sin embargo, este atributo de movilidad, inherente a la naturaleza inalámbrica de la red, no debe suponer una deficiencia en otros aspectos fundamentales de las redes de telemedicina como pueden ser la seguridad, disponibilidad o fiabilidad requeridas. De esta manera, una solución de red troncal inalámbrica para servicios de telemedicina debe estar adecuada técnicamente a la importancia de los servicios que presta a la sociedad en general, considerando a su vez la naturaleza sensible de los datos transmitidos cuya protección está regulada en varios aspectos por la actual legislación española.

**Área de TFC:** Integración de redes telemáticas.

**Palabras clave:** servicios de telemedicina, red troncal inalámbrica, movilidad, WiMax, IEEE 802.16e, WiFi, PAN, telemetría biomédica, calidad de servicio (*QoS*), convergencia de tecnologías, integración de redes telemáticas, datos especialmente protegidos, TFC.

## Índice de contenidos

Capítulo 1. Introducción .....	6
1.1 Justificación del TFC y contexto en el que se desarrolla .....	8
1.2 Objetivos.....	9
1.3 Enfoque y metodología aplicada .....	9
1.4 Planificación del proyecto .....	10
1.5 Productos obtenidos.....	11
1.6 Descripción del resto de capítulos de la memoria .....	11
Capítulo 2. Análisis de necesidades .....	13
2.1 Centralización de datos.....	13
2.2 Movilidad .....	14
2.3 Calidad de servicio (QoS).....	15
2.4 Seguridad.....	16
Capítulo 3. Tráfico de datos .....	17
3.1 Servicios genéricos .....	17
3.2 Servicios médicos/sanitarios .....	17
3.2.1 Ancho de banda requerido.....	19
Capítulo 4. Aspectos legales relacionados con la protección de la información.....	20
4.1 Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD).....	20
4.2 Reglamento de Desarrollo de la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (RLOPD) .....	22
4.3 Ley 41/2002, autonomía del paciente y derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.....	23
4.4 Ley 16/2003, de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud.....	24
Capítulo 5. Infraestructura de red cableada .....	25
5.1 Mecanismos de prevención .....	25
5.1.1 Cortafuegos (firewall).....	26
5.1.2 Zonas desmilitarizadas (DMZ).....	27
5.1.3 Arquitectura de red propuesta.....	27
5.2 Interconexión entre red cableada (LAN) y red troncal inalámbrica.....	28
Capítulo 6. Infraestructura de red troncal inalámbrica .....	30
6.1 WiMax (IEEE 802.16).....	32
6.1.1 Banda frecuencial de trabajo del enlace de radio .....	33
6.1.2 Aproximación del alcance del enlace de radio .....	34
6.1.3 Elementos de red troncal .....	35
6.1.4 Topología de red.....	38
6.1.5 Acceso al medio.....	39
6.1.6 Capa MAC: control de acceso al medio y seguridad .....	40
6.2 Simulación de red troncal inalámbrica .....	41
6.2.1 Perfiles de usuario .....	42
6.2.2 PIRE .....	44
6.2.3 Resultados de la simulación .....	45

Capítulo 7. Integración de servicios e interconexión equipamiento de usuario en red troncal .....	50
7.1 Integración de servicios .....	50
7.2 Interconexión con equipamiento de usuario .....	52
Capítulo 8. Convergencia de tecnologías de comunicación inalámbrica .....	54
8.1 Compatibilidad electromagnética e interferencias .....	54
8.2 Tecnologías de comunicación inalámbrica de alcance medio .....	55
8.3 Tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance .....	56
Capítulo 9. Valoración económica .....	58
9.1 Coste aproximado de la red troncal inalámbrica .....	59
Capítulo 10. Conclusiones .....	61
Glosario .....	62
Bibliografía .....	67
Anexo A. Configuración y parámetros de la simulación .....	69
Anexo A.1: Escenario .....	69
Anexo A.2: Red .....	69
Anexo A.3: Miembros de la red .....	70

## Índice de tablas y figuras

### ■ Tablas

Tabla 1. Ejemplos de datos de telemetría biomédica .....	18
Tabla 2. Ejemplos de datos de audio y vídeo .....	18
Tabla 3. Ejemplos de datos tipo fichero .....	19
Tabla 4. Ancho de banda para servicios de telemedicina.....	19
Tabla 5. Resumen nota UN-128 .....	33
Tabla 6. Coste del equipamiento de la red troncal WiMax .....	60

### ■ Figuras

Figura 1. Tecnologías y aplicación sanitaria .....	7
Figura 2. Centralización de datos .....	13
Figura 3. Movilidad en función del alcance de la red inalámbrica.....	15
Figura 4. Conectividad .....	15
Figura 5. Dispositivo de filtrado de paquetes de datos.....	26
Figura 6. Zona desmilitarizada (DMZ) .....	27
Figura 7. Arquitectura de red cableada.....	28
Figura 8. Interconexión LAN y red troncal inalámbrica .....	29
Figura 9. Plano general del escenario del proyecto .....	35
Figura 10. Modo punto-a-multipunto (PmP).....	38
Figura 11. Acceso al medio OFDMA en WiMax.....	39
Figura 12. Capas OSI definidas por IEEE 802.16 .....	40
Figura 13. Ubicación de la estación base WiMax .....	42
Figura 14. Dispositivo portátil de usuario WiMax (SS), IEEE 802.16e .....	43
Figura 15. Dispositivo de usuario WiMax (SS) móvil, IEEE 802.16e.....	43
Figura 16. Cobertura de red troncal inalámbrica para perfil SS_1 .....	45
Figura 17. Dispositivo SS_1 en zona de sombra .....	46
Figura 18. Enlace de radio descendente en zona de sombra para perfil SS_1 .....	46
Figura 19. Enlace de radio descendente en zona de sombra para perfil SS_1 .....	47
Figura 20. Cobertura de red troncal inalámbrica para perfil SS_ambulancia .....	47
Figura 21. Dispositivo SS_ambulancia en zona de sombra.....	48
Figura 22. Enlace de radio descendente en zona de sombra para perfil SS_ambulancia.....	48
Figura 23. Enlace de radio ascendente en zona de sombra para perfil SS_ambulancia ..	49
Figura 24. Calidad de servicio UGS: servicios de telemetría biomédica .....	50
Figura 25. Calidad de servicio rtPS: servicios de audio y vídeo .....	51
Figura 26. Calidad de servicio nrtPS: servicios de transferencia de ficheros.....	51
Figura 27. Interconexión con equipamiento de usuario .....	52

## Capítulo 1. Introducción

El término telemedicina es un vocablo de doble composición: el prefijo griego *τελε* (*tele*) que significa “*a lo lejos, a distancia*” y la palabra *medicina*. Por tanto, podríamos definir coloquialmente la telemedicina como: “*medicina practicada a distancia*”.

Aunque existen diversas definiciones respecto a la telemedicina y sus vocablos derivados (*telesalud, teleasistencia,..*), en general, se hace referencia al uso de las telecomunicaciones e informática para facilitar el acceso a la asistencia sanitaria, información y servicios médicos, posibilitando tanto el diagnóstico y tratamiento de los pacientes como la educación médica a distancia. Este hecho permite concretar un poco más la definición inicial dada de telemedicina como: “*prestación de servicios de medicina a distancia mediante el uso de las TIC*”.

Se puede considerar la telemedicina como un recurso tecnológico que posibilita la optimización e integración de los servicios médicos (en donde la distancia es un factor crítico), adaptándolos al medio y a unas necesidades concretas de servicio, y en donde estas necesidades pueden ser resueltas mediante el intercambio de voz, datos o vídeo (o una combinación de éstos). De esta manera, sin tener en cuenta el ámbito educacional relacionado con la telemedicina, algunos de los servicios básicos que ésta puede ofrecer son los siguientes:

- a. Diagnóstico remoto de pacientes (sin la presencia física del sujeto examinado), lo que posibilita acceso a distintos especialistas médicos, segundas opiniones médicas *in situ*,...
- b. Posibilita una correcta gestión pre-hospitalaria y post-hospitalaria del paciente.
- c. Reuniones mediante videoconferencia con otros especialistas médicos para intercambio de opiniones,...
- d. Acceso a servicios médicos en zonas geográficas accidentadas (por ejemplo, asoladas por desastres naturales), de difícil acceso (por ejemplo, un barco en medio de un océano) o con carencia de recursos médicos.
- e. Centralización de servicios e intercambio de datos.

A partir de estos servicios básicos se pueden deducir algunas de las ventajas del uso de redes telemáticas en servicios de telemedicina:

- ✓ Acceso universal a servicios médicos (en función de la infraestructura disponible). Equidad de prestación de servicios sanitarios y mejora de la calidad del servicio ofrecido.
- ✓ Mayor facilidad de contacto entre el profesional sanitario y el paciente, así como libertad y movilidad para ambos. Mejora en la calidad de vida de los pacientes.
- ✓ Minimización del tiempo de respuesta ante una emergencia.
- ✓ Reducción de tiempo y costes asociados a los desplazamientos.

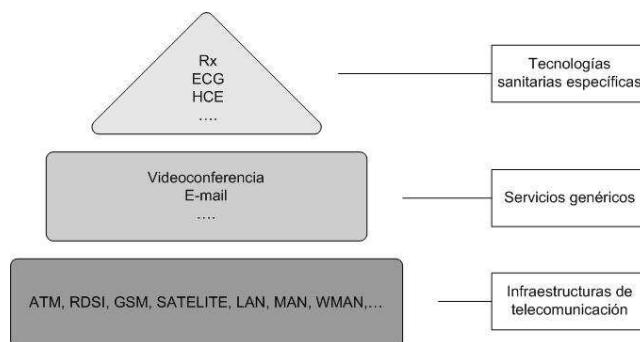
- ✓ Conectividad en tiempo real.
- ✓ Aumento de productividad, eficiencia y agilidad corporativa debido al tratamiento digitalizado de datos. Optimización de recursos.

Adicionalmente, la telemedicina móvil ofrece la posibilidad de diagnosticar y tratar al paciente en el lugar donde le sorprende su enfermedad o dolencia, proporcionando de esta manera cierto valor añadido que permite aumentar la eficiencia en la gestión de los recursos y los servicios médicos disponibles por las redes de telemedicina.

Por tanto, en una era donde la información es un elemento clave, el sistema de transporte para conseguir esta información de forma inteligente, dónde y cuándo se necesita, debe ser uno de los pilares fundamentales para la construcción de un nuevo sistema de prestación de servicios médicos/sanitarios para la protección y promoción social de la salud. Además, la incorporación de estos servicios en la sociedad actual de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), converge en la creación y prestación de nuevos servicios médicos o sanitarios, que aportan una mayor calidad general al servicio prestado; de esta manera, aumentan las expectativas del sector sanitario, pudiendo ofrecer nuevos servicios como:

- Hospitalización virtual: en donde no es necesario que los servicios médicos ocupen una misma ubicación física (o geográfica).
- Servicios de asesoramiento: centros virtuales de asesoramiento sanitario especializado.
- Hospitalización domiciliaria: traslada los recursos hospitalarios de asistencia primaria y especializada hasta el domicilio de los pacientes.
- Teleactuación robotizada: como es el caso de la realización de intervenciones quirúrgicas a través de estaciones de trabajo virtuales.

A continuación, en la figura 1 se pueden apreciar las diversas tecnologías que dan soporte a las aplicaciones sanitarias, posibilitando las ventajas, así como las nuevas expectativas que ofrecen los servicios de telemedicina.



**Figura 1. Tecnologías y aplicación sanitaria.**

El trabajo del presente proyecto (“Red telemática para servicios de telemedicina móviles: Red troncal inalámbrica”) se centra en el nivel inferior de la figura 1, infraestructuras de telecomunicación, con la finalidad de diseñar un red troncal

inalámbrica capaz de prestar servicios de calidad a los niveles superiores en función de las características particulares requeridas por los servicios de telemedicina.

## 1.1 Justificación del TFC y contexto en el que se desarrolla

El presente Trabajo Fin de Carrera (TFC) está vinculado al desarrollo de una red telemática para servicios de telemedicina móviles. El escenario concreto de aplicación del proyecto se desarrolla en la ciudad de Inca (Baleares), y está basado en el enunciado propuesto por el consultor, detallado a continuación:

*“Dentro de la intranet de un hospital se pretende integrar un servicio de información de pacientes (datos personales, diagnósticos, historial clínico, etc..) de manera cableada en el interior del hospital y también de forma remota (en el exterior de un hospital, por ejemplo para un caso de urgencia, en donde el doctor pueda consultar un historial clínico a través de una PDA).*

*Además, se desea mantener una red de equipamientos de telemedicina, que controlen los sensores (presión arterial, ritmo cardíaco, equipos para controlar el funcionamiento cardio-vascular, etc..) de los pacientes hospitalizados de manera cableada en el interior del hospital (pacientes completamente inmóviles) y de manera no cableada (pacientes hospitalizados con movilidad, pueden recorrer el hospital).*

*También se tiene que mantener el intercambio de datos entre el hospital y las ambulancias que recorren la ciudad. Se tiene que mantener en todo momento una comunicación con los equipos y sensores de los enfermos en observación que no están hospitalizados, de tal manera que se pueda efectuar un seguimiento o volcado de la información en tiempo real.*

*Obviamente, se tiene que tener acceso a Internet desde el hospital. Finalmente, tiene que existir en el hospital una red de video-vigilancia y VoIP.*

*La solución debe incluir una estimación del coste de la solución.”*

Las necesidades fundamentales de este proyecto giran en torno a la movilidad, centralización de datos, integración y convergencia de tecnologías de transmisión de datos en el ámbito de las redes de telemedicina.

Debido a la naturaleza de las redes de telemedicina, la aplicación del adjetivo “móvil” no debería suponer en ningún momento una carencia de atributos. Por tanto, el diseño de una red de telemedicina móvil debe cumplir con unos requisitos de fiabilidad, seguridad y estabilidad equivalentes a la importancia de los servicios que presta, a los pacientes en particular y al conjunto de la sociedad en general. En este aspecto, lo ideal sería que la red inalámbrica ofreciese las mismas prestaciones y características que su equivalente cableada, pero con el valor añadido de la movilidad. De esta manera, y siempre centrado sobre el escenario propuesto anteriormente, se definen a continuación los objetivos concretos de este TFC.



## 1.2 Objetivos

Los objetivos en los que se ha centrado el presente TFC han sido los siguientes:

- Analizar las necesidades requeridas por los diferentes servicios a prestar a través de la red de telemedicina móvil.
- Definir la infraestructura de telecomunicaciones básica y necesaria para la prestación de servicios integrales de telemedicina móvil a través de una red troncal inalámbrica en el exterior de las instalaciones hospitalarias.
- Determinar, como arquitectura de red troncal inalámbrica, una solución escalable que permita la integración con diversos equipamientos de adquisición y tratamiento de datos.
- Proporcionar una solución de red troncal inalámbrica que ofrezca conectividad a personal médico y sanitario o a otros usuarios debidamente autorizados, maximizando en la medida de lo posible la movilidad a través del escenario de aplicación.
- Delimitar la integración de servicios médicos en la red troncal inalámbrica. Estudio de convergencia de tecnologías.

Debido a la limitación temporal inherente a cualquier proyecto, y a este en particular, el tiempo se ha presentado como una de las principales limitaciones. El proyecto se inicia el 25 de febrero de 2010, y la entrega de la presente memoria se efectúa el 15 de junio del mismo año.

Otra limitación importante a considerar, debido a los trámites administrativos requeridos para tal fin así como de factores temporales, de coste u otros relacionados, ha sido el hecho de tener que implementar una solución de red troncal inalámbrica que utilice las frecuencias de uso común (sin licenciar) del espacio radioeléctrico.

Así mismo, se debe considerar que se trata de un proyecto que ha intentado explotar diferentes soluciones tecnológicas para conseguir los objetivos anteriores, pero siempre en base a tecnología ya existente, con soluciones estandarizadas.

## 1.3 Enfoque y metodología aplicada

La ejecución del presente proyecto ha supuesto, a título personal, un reto añadido debido a mi desconocimiento respecto a las particularidades de los entornos médicos/sanitarios. Por este motivo, el enfoque inicial se ha basado en la recopilación de información respecto al uso de las tecnologías de comunicación en este tipo de entornos, con la finalidad de poder obtener una perspectiva inicial particular en relación con otros proyectos o estudios similares.

De esta manera, se ha estudiado la situación inicial del escenario de ejecución del presente proyecto, en función de los requisitos que presentan tanto las redes de telemedicina móviles como los datos transmitidos por las mismas. A continuación, se han analizado las principales características técnicas de diferentes soluciones

tecnológicas y su capacidad para integrarse en el proyecto cumpliendo con las diversas necesidades detectadas. También se han analizado las consideraciones legales respecto a la transmisión de datos en la red troncal mediante el uso de frecuencias no licenciadas, según el CNAF, del espacio radioeléctrico.

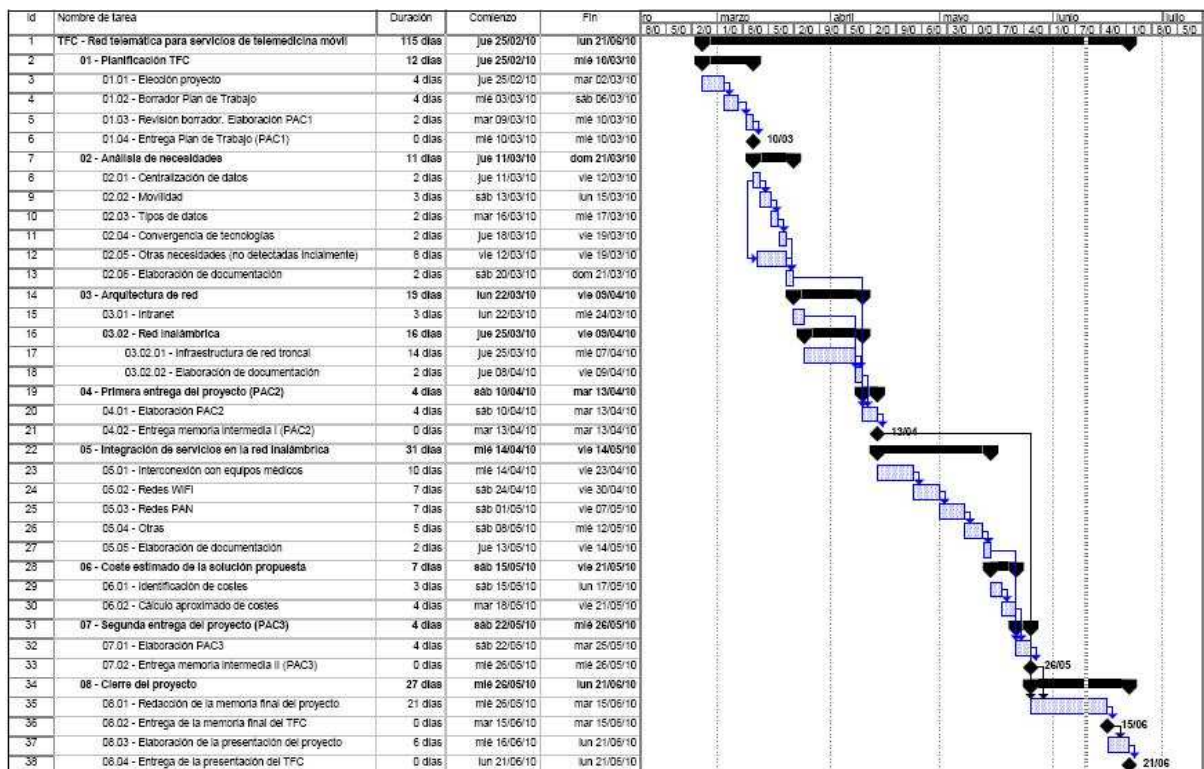
Una vez considerados los aspectos anteriores se ha procedido a realizar la simulación de red troncal, en el entorno geográfico de aplicación del proyecto, con la tipología y parámetros concretos de transmisión determinados en los apartados anteriores. Para ello se han tenido en consideración dos perfiles de usuario con diferentes recursos, necesidades de servicio y capacidades de acceso al medio de transmisión: *SS\_1* y *SS\_ambulance*.

## 1.4 Planificación del proyecto

La planificación inicial propuesta en este TFC ha sido una herramienta imprescindible para la consecución del proyecto, dividiéndose cronológicamente en las siguientes tareas principales:

1. Planificación TFC.
2. PAC 1.
3. Análisis de necesidades.
4. Arquitectura de red.
5. PAC 2.
6. Integración de servicios en la red inalámbrica.
7. Coste estimado de la solución propuesta.
8. PAC 3.
9. Memoria TFC.
10. Presentación TFC.

El siguiente diagrama de Gantt muestra la planificación temporal considerada, dividida a su vez en una serie de tareas más concretas:



Como en casi todo proyecto, la planificación inicial ha estado sujeta a pequeñas variaciones debido a factores no considerados inicialmente (o incorrectamente considerados), destacando en este aspecto la necesidad de utilizar, a sugerencia del consultor, una herramienta software (*Radio Mobile*) para la simulación de los parámetros de la red troncal inalámbrica en el escenario de trabajo del presente proyecto. El uso de dicho software ha requerido cierto periodo de adaptación para poder realizar las simulaciones, actividades que han sido realizadas en paralelo a las tareas “Arquitectura de red” e “Integración de servicios en la red inalámbrica”

Finalmente, se muestra un resumen de las fechas más significativas durante la ejecución del presente proyecto:

<b>Resumen de fechas TFC - Red telemática para servicios de telemedicina móviles - Red troncal inalámbrica</b>	
<b>Evento</b>	<b>Fecha</b>
Inicio del proyecto	25/02/2010
Entrega del Plan de Trabajo (PAC 1)	10/03/2010
Entrega PAC 2	13/04/2010
Entrega PAC 3	25/05/2010
Entrega memoria TFC	15/06/2010
Entrega presentación TFC	21/06/2010
Fin proyecto	21/06/2010

## 1.5 Productos obtenidos

Dados los objetivos del presente proyecto, su finalidad no es la de obtener de forma directa un producto físico, sino definir un conjunto global de atributos y consideraciones que permitan posteriormente implementar una red troncal cuyas características puedan satisfacer los requisitos inicialmente propuestos.

De esta manera, la presente memoria recoge los aspectos necesarios para el diseño de la red troncal inalámbrica de telecomunicaciones en el escenario de trabajo propuesto, según los objetivos definidos, así como una serie de simulaciones de esta red troncal en función de los diferentes dispositivos implementados. Estas simulaciones permiten determinar la eficiencia del enlace de radio proporcionado por la red troncal en el escenario del proyecto según las diferentes características de los dispositivos de acceso considerados para los perfiles de usuario.

## 1.6 Descripción del resto de capítulos de la memoria

A continuación se detalla brevemente el contenido del resto de capítulos que componen esta memoria:

- Capítulo 2. Análisis de necesidades: identificación de requisitos y necesidades básicas derivadas del uso de las redes telemáticas para servicios de telemedicina móvil en el escenario de aplicación.

- Capítulo 3. Tráfico de datos: tipos de datos susceptibles de ser transmitidos a través de la red troncal inalámbrica para servicios de telemedicina móviles.
- Capítulo 4. Aspectos legales relacionados con la protección de la información: consideraciones legales respecto a la naturaleza sensible de los datos de los pacientes.
- Capítulo 5. Infraestructura de red cableada: aspectos de seguridad a considerar en la arquitectura física de la red cableada para la interconexión con la red troncal inalámbrica.
- Capítulo 6. Infraestructura de red troncal inalámbrica: solución y simulación de la infraestructura de red troncal sobre el escenario geográfico de aplicación del proyecto.
- Capítulo 7. Integración de servicios e interconexión de equipamiento de usuario en la red troncal: definición de los niveles de *QoS* para la prestación de servicios de telemedicina a través de la red troncal inalámbrica y nivel de interconexión con el equipamiento de usuario.
- Capítulo 8. Convergencia de tecnologías de comunicación inalámbrica: soluciones tecnológicas a los diferentes requisitos de movilidad detectados. Consideraciones de compatibilidad electromagnética e interferencias.
- Capítulo 9. Valoración económica: factores de coste derivados de la implementación de la red troncal para servicios de telemedicina móvil. Valoración del coste correspondiente al equipamiento de red troncal.
- Capítulo 10. Conclusiones: resoluciones finales del proyecto.

## Capítulo 2. Análisis de necesidades

El escenario de trabajo propuesto en este TFC (véase capítulo 1, apartado 1.1), cuyo proyecto corresponde al diseño de la red troncal para la prestación de servicios de telemedicina móviles (véase capítulo 1, apartado 1.2), precisa de un análisis previo de necesidades y posibles riesgos que permita posteriormente una correcta implementación de los servicios médicos a prestar.

A través del presente capítulo se pretende identificar los requisitos y necesidades básicas que se derivan del uso de las redes telemáticas para servicios de telemedicina móviles, en función del canal de transmisión inalámbrico.

### 2.1 Centralización de datos

Disponer de datos personales y relativos a la salud de los pacientes (como pueden ser las historias clínicas electrónicas) de forma informatizada (fichero automatizado) e independientemente de la ubicación del profesional sanitario (dentro de los objetivos establecidos en este proyecto) es uno de los requisitos básicos.

Por tanto, se aprecia la necesidad de digitalizar y almacenar los datos relativos a la salud de los pacientes en un sistema informático dentro de las instalaciones del propio hospital, que debe proporcionar una conectividad al personal autorizado, de manera que se permita un tratamiento de la información centralizada en el sistema a través de la red de datos.

A continuación, en la figura 2, se puede observar un ejemplo de la arquitectura necesaria descrita anteriormente, en donde la información está almacenada en una base de datos y es proporcionada a los usuarios mediante un sistema servidor de información y datos personales:

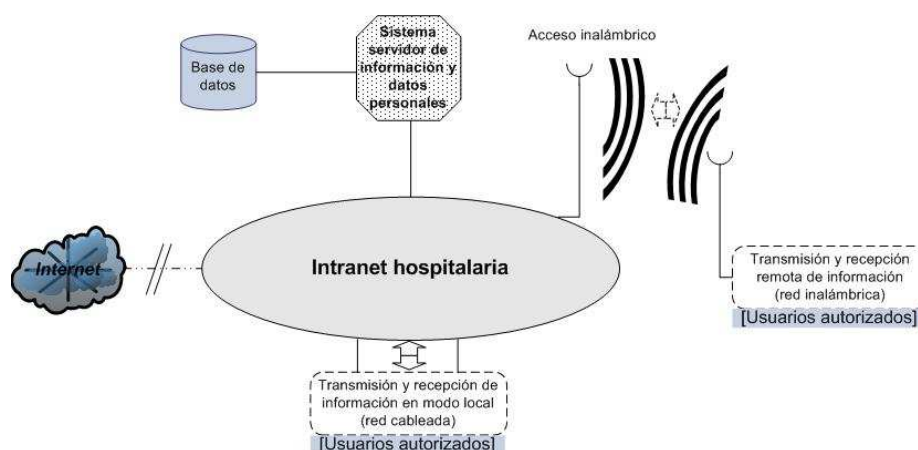


Figura 2. Centralización de datos.

El sistema informático que almacena los datos referentes a la salud, así como datos personales e información hospitalaria, debe ofrecer una conectividad que permita su acceso tanto desde la red cableada como desde la red inalámbrica, siguiendo una estricta política de seguridad y con unas características propias respecto a fiabilidad y

estabilidad, que no pretenden ser objeto de estudio del presente proyecto, pero que deben estar en relación a la naturaleza y carácter muy sensible de los datos que contiene.

Adicionalmente hay que considerar que la conexión de este sistema informático a la red de datos posibilita, en caso de necesidad, el intercambio de la información almacenada con otros sistemas externos al hospital de características similares (por ejemplo, la base de datos de otro hospital), debiendo adoptar en este caso las correspondientes medidas de seguridad necesarias.

## 2.2 Movilidad

El escenario del proyecto permite identificar tres posibles requisitos de movilidad, que deberán ser satisfechos mediante una solución tecnológica inalámbrica adecuada a las necesidades concretas de cada caso:

1. Por un lado, es necesario disponer de una red inalámbrica, digamos que de largo alcance, en el exterior del hospital. Esta red debe permitir el acceso a los datos de la red interna del hospital de forma remota e inalámbrica a los profesionales sanitarios que se desplacen por el exterior del hospital, según los objetivos definidos en el presente proyecto.

Las conexiones efectuadas desde esta red tienen la característica de ser prioritarias, ya que permiten prestar y gestionar servicios médicos de carácter urgente en entornos no estrictamente hospitalarios (por ejemplo en un domicilio particular o una ambulancia). Así mismo, debe ofrecer de forma fiable y factible la posibilidad de integración de diversos servicios médicos.

Esta red se puede catalogar como red troncal inalámbrica y su diseño es uno de los objetivos fundamentales de este proyecto.

2. A continuación se detecta la necesidad de contar con otro tipo de red inalámbrica de transmisión de datos de alcance medio. Su uso es complementario al de la red troncal de largo alcance, ofreciendo servicios de telemedicina integrados sobre la red de datos, pero en espacios relativamente controlados, como puede ser el interior del hospital.

La cobertura de este tipo de red está estrictamente ligada con el entorno en donde se implementa la solución, siendo habitual no conseguir coberturas superiores a los 50 metros con una calidad aceptable en el interior de centros hospitalarios, mediante un único punto de acceso. Este hecho es debido a que en este tipo de edificios se suele utilizar de forma expresa, y en zonas concretas, materiales que aíslan de las señales electromagnéticas radiadas por algunos equipos médicos, atenuando también (total o parcialmente) las señales de radiofrecuencia.

3. Finalmente puede existir una tercera necesidad de red inalámbrica, en este caso de alcance muy reducido. Este tipo de redes habitualmente se denominan PAN

(*Personal Area Network*), tienen una tasa de transmisión de datos reducida y su alcance es de escasos metros.

Este tipo de redes pueden ser útiles para sistemas de telemetría sin hilos, permitiendo una monitorización continua a la vez que cierta movilidad y mayor comodidad al paciente. Aunque es importante considerar que esta posibilidad limita el movimiento del paciente monitorizado a la reducida zona de cobertura del enlace inalámbrico.

En la figura 3 se pueden apreciar los casos supuestos de movilidad mencionados anteriormente.

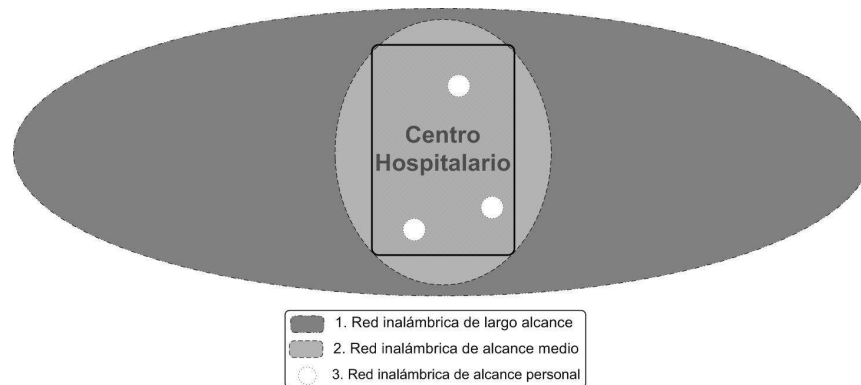


Figura 3. Movilidad en función del alcance de red inalámbrica.

La movilidad debe permitir en todo momento una conectividad a la red de datos según los objetivos establecidos en este proyecto.

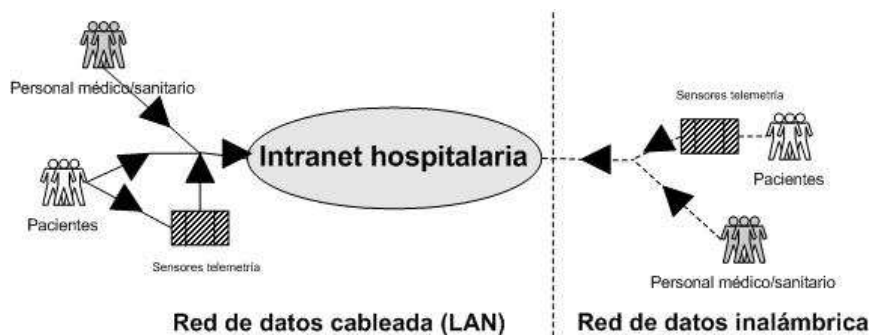


Figura 4. Conectividad.

### 2.3 Calidad de servicio (*Qos*)

La correcta disponibilidad de los recursos de una red de telemedicina es una cuestión imprescindible ya que el tráfico generado puede ser crucial para la salud de los pacientes. En este caso, la entrega rápida de los datos correspondientes a las mediciones de un paciente (relacionados directamente con parámetros de transmisión como son el retardo y el *jitter*), así como fiabilidad en cuanto al envío de estos datos (relacionado con parámetros de transmisión como son la pérdida de paquetes de datos, tasa de error

de bits o *jitter*), son factores especialmente fundamentales en servicios médicos de urgencias.

Por tanto, las redes inalámbricas para servicios de telemedicina deben satisfacer una serie de requisitos de disponibilidad, fiabilidad y latencia constante de entrega de datos.

Estos estrictos requerimientos y la naturaleza intrínseca en tiempo real de las aplicaciones médicas, provocan la necesidad de proveer de una calidad de servicio, QoS, a las redes de telemedicina inalámbricas. Por tanto, resulta fundamental asegurar una *QoS* suficiente en este tipo de redes para garantizar una correcta prestación de servicios médicos.

Esta calidad de servicio, *QoS*, se puede definir como la capacidad de proporcionar distintas prioridades a diferentes aplicaciones, usuarios o flujos de datos. De forma más concreta se puede describir como el conjunto de requisitos que debe cumplir un determinado flujo de datos respecto a:

- Fiabilidad (pérdida de paquetes o tasa de error de bit).
- Retardo en la transmisión (*delay*).
- Variación del retardo en un mismo flujo de datos (*jitter*).
- Ancho de banda o velocidad de transmisión.

## 2.4 Seguridad

En cualquier red inalámbrica se debe considerar el medio de transmisión de datos como un medio inseguro. Ello es debido a que la propagación de la información se realiza mediante radiofrecuencia utilizando un canal no guiado, el espacio aéreo, que coloquialmente podríamos decir que se trata de un medio “compartido o público”, al que pueden tener acceso fácilmente terceras personas no autorizadas.

Utilizando este tipo de canal para la transmisión de datos resulta inevitable que la información pueda ser interceptada por terceros. Por tanto, resulta indispensable disponer de una serie de mecanismos que permitan mantener la seguridad de la información, máxime si consideramos que la información transmitida corresponde a datos referentes a la salud de las personas. Estos mecanismos deben ser capaces de mantener la integridad de la información y su confidencialidad, de manera que la información, aunque sea intercepta por terceras personas no autorizadas, no pueda ser interpretada ni manipulada.

Otro aspecto vinculado a la seguridad de las redes inalámbricas es el que está relacionado con los usuarios y el control de acceso al medio de transmisión. Se debe considerar que los recursos que proporcionan estas redes de datos son limitados, y por tanto, su uso debe estar exclusivamente dedicado al personal autorizado para ello. Este hecho implica la necesidad de algún tipo de mecanismo de identificación y/o autenticación de usuarios que permita gestionar de manera eficiente los recursos compartidos ofrecidos por la red inalámbrica y que impida el uso de los recursos disponibles a usuarios no autorizados.



## Capítulo 3. Tráfico de datos

Los datos transmitidos a través de la red troncal para servicios de telemedicina móvil requieren parámetros y requisitos muy diversos, que se encuentran en función de los servicios a prestar, así como de la propia naturaleza de la información.

### 3.1 Servicios genéricos

El tráfico generado por este tipo de datos tiene una naturaleza en tiempo no real, que permite diferentes rendimientos y retardos (*delay*) en la red, aún satisfaciendo las necesidades de las aplicaciones y los usuarios. Es el tipo de tráfico que circula habitualmente a través de las redes de datos TCP/IP tradicionales, proporcionando un servicio de tráfico de datos “elástico”, habitualmente denominado como *best effort*.

Son varios los servicios que podemos catalogar dentro de esta categoría, y cada uno de ellos con necesidades diferentes, como pueden ser el correo electrónico (*e-mail*) o los servicios de páginas web. Todos ellos se caracterizan por el hecho de que la información se encuentra previamente almacenada en algún tipo de soporte informático, por lo que cualquier fallo durante su transmisión no resulta trascendental y puede ser subsanado mediante mecanismos de retransmisión de datos.

Así mismo, dentro de esta categoría podemos incluir algunos servicios sanitarios como son los servicios generales de información hospitalaria.

### 3.2 Servicios médicos/sanitarios

Generalmente, el tráfico generado por estos servicios tiene cierta naturaleza en tiempo real que difícilmente se adapta a cambios en el retardo o de rendimiento en la red de datos, hecho que requiere garantizar un rendimiento mínimo durante la transmisión (véase capítulo 2, apartado 2.3). Este tipo de tráfico, se puede definir como un tipo de tráfico de datos “inelástico”.

Por tanto, este tipo de servicios implican la necesidad de la existencia de ciertos mecanismos para garantizar unos requisitos mínimos de transmisión de datos, aplicando unos niveles estrictos de *QoS* en donde, previamente a la transmisión, se deben poder identificar las necesidades de los recursos de red para, posteriormente reservarlos. De esta manera aumentan los requisitos de la red de datos, ya que ésta debe ser capaz de simultanear estos servicios con cierta *QoS* garantizada y el tráfico de datos “inelástico”.

La telemonitorización o el telediagnóstico son ejemplos de este tipo de servicios, en donde por medio de sistemas de telemetría se registran diversos parámetros fisiológicos del paciente. La naturaleza en tiempo real de estos parámetros condiciona que este tipo de datos sea muy sensible a pérdidas o errores en la transmisión de los mismos.

A continuación, en la Tabla 1, se pueden apreciar algunos parámetros aproximados y tipos de señales que se pueden registrar en una aplicación de telemetría biomédica.

Señal biológica	Resolución (bits/muestra)	Tasa de muestreo (muestras/s) [Hz]	Tasa de información (Kbits/s)	Pérdida paquetes	Retardo máximo
Sonido cardíaco	12	10.000	120	0%	1 s
Ritmo cardíaco	24	25	0,6		
Ritmo respiratorio	16	50	0,8		
Temperatura corporal	16	5	0,08		
ECG	12	1250	15		
EEG	12	350	4,2		
EMG	12	50.000	600		
<b>Total</b>			<b>741</b>		

**Tabla 1. Ejemplos de datos de telemetría biomédica.**

Estos servicios de telemetría requieren unos parámetros de QoS estrictos, ya que debido a la naturaleza en tiempo real de esta información, no se debe permitir la pérdida de paquetes de datos, aunque en este caso sí se permite cierto retardo durante la transmisión de los mismos (aproximadamente de hasta 1 segundo).

Otros servicios más genéricos en tiempo real, aunque igualmente relacionados con la asistencia médico/sanitaria, son la transmisión de datos de audio y/o video. La naturaleza de este tipo de datos implica unas características de transmisión particulares, ya que se acepta cierta pérdida de paquetes de datos (hecho que no implica una disminución considerable de las prestaciones ofrecidas por el servicio), aunque por el contrario, el retardo máximo permitido es bastante menor que en los servicios de telemetría biomédica.

Algunos de estos parámetros aproximados de transmisión de audio y video, relacionados con la *QoS* requerida, se muestran en la Tabla 2.

Tipo	Descripción	Tasa de información	Pérdida paquetes	Retardo máximo (ms)
Audio	Voz	4-25 Kbits/s	3 %	150-400
	Diagnóstico por sonidos	32-256 Kbits/s (MPEG-1)	1 %	100-300
Video	Diagnóstico por video	768 Kbits/s-10 Mb/s (MPEG-2)	1 %	150-400
	Diagnóstico por video (alta calidad)	640 Kbits/s-5 Mb/s (MPEG-4)		100-300

**Tabla 2. Ejemplos de datos de audio y video.**

En los servicios relacionados con la transmisión de datos de audio y video, así como en el caso de los servicios de telemetría biomédica, el *jitter* no debe ser superior a los 50 ms.

Finalmente se pueden identificar otros servicios sanitarios relacionados que cuentan con unos requerimientos de QoS menos estrictos. Son los referentes a la transferencia de ficheros de datos, y a continuación, en la Tabla 3, se pueden apreciar algunos ejemplos.

Tipo	Descripción	Tamaño (Mbytes)	Pérdida paquetes	Retardo máximo (ms)
Transferencia de ficheros	Imágenes sin comprimir	30 - 40	0%	--
	Imagen ROI comprimida en JPEG	15 - 19		
	HCE	1 - 6		

**Tabla 3. Ejemplos de datos tipo fichero.**

En estos servicios de transferencia de ficheros, el retardo máximo de transmisión de paquetes de datos no es un factor fundamental, ya que la información a transmitir no tiene naturaleza en tiempo real. En cambio, como se trata de ficheros que contienen datos fundamentales para la correcta prestación de servicios médicos/sanitarios, la tasa de pérdida de información tiene que ser cero (0%).

### 3.2.1 Ancho de banda requerido

Una vez analizado el tipo de tráfico de datos que pueden generar los servicios médicos/sanitarios sobre las redes telemáticas, se puede hacer una aproximación del ancho de banda total requerido para prestar unos mínimos servicios íntegros de telemedicina móvil.

Cada una de las señales mostradas en la Tabla 4 proporciona información diferente y complementaria de la situación del paciente, y aunque no todas las señales son habitualmente transmitidas o monitorizadas al unísono, sí que permiten obtener una aproximación del ancho de banda necesario en la red telemática para ofrecer servicios de telemedicina móvil.

Descripción	Tasa de información (Kbits/s)
Telemetría biomédica	741
Video	2.000
Audio	150
<b>Total</b>	<b>2.891</b>

**Tabla 4. Ancho de banda para servicios integrales de telemedicina.**

Los valores correspondientes a las tasas de audio y video expuestos en la Tabla 4 se pueden considerar como promedio de los valores orientativos expuestos en el capítulo 3, apartado 3.2 (*Servicios médicos/sanitarios*).

Como conclusión, se aprecia la necesidad de disponer de un ancho de banda constante de aproximadamente 3 Mbps.

## Capítulo 4. Aspectos legales relacionados con la protección de la información

Los datos correspondientes a la salud de los pacientes así como su historia clínica son elementos de vital importancia, a la vez que necesarios, para garantizar una correcta y eficiente asistencia sanitaria. Se trata de una herramienta que permite un correcto seguimiento de la salud de las personas.

Por otra parte, se debe considerar que los datos de salud de un paciente afectan a su entorno personal e íntimo por lo que tienen una inherencia confidencial, ya que su conocimiento por parte de terceras personas puede atentar gravemente a la intimidad personal y familiar e incluso dificultar el ejercicio de otros derechos fundamentales.

Por tanto, digitalizar esta información y disponerla de manera centralizada y controlada mediante redes de telecomunicaciones para los profesionales del sector sanitario (médicos, enfermeros, técnicos sanitarios,...) redundará en la mejora de la calidad asistencial de los pacientes, pero implica el cumplimiento de una serie de normativas para velar por la privacidad de los datos contenidos.

A continuación se presentan brevemente algunos aspectos de las leyes que recogen básicamente todos los aspectos importantes relacionados con la seguridad de los datos y la salud y, aunque siempre es inevitable la existencia de ciertos riesgos en las redes de telecomunicaciones, éstos deberían ser detectados y controlados de forma rápida y eficiente por la persona responsable de la información. Es importante considerar que el incumplimiento de estas Leyes puede derivar en responsabilidades económicas (de hasta 601.012,10 Euros), civiles, laborales e incluso penales.

### 4.1 Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD)

La Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), en su artículo 3, Definiciones, presenta una serie de conceptos iniciales que permiten su posterior interpretación. Algunos de ellos son los siguientes:

*“-Datos de carácter personal: cualquier información concerniente a personas físicas identificadas o identificables.*

*-Fichero: todo conjunto organizado de datos de carácter personal, cualquiera que fuere la forma o modalidad de su creación, almacenamiento, organización y acceso.*

*-Tratamiento de datos: operaciones y procedimientos técnicos de carácter automatizado o no, que permitan la recogida, grabación, conservación, elaboración, modificación, bloqueo y cancelación, así como las cesiones de datos que resulten de comunicaciones, consultas, interconexiones y transferencias.*

*-Responsable del fichero o tratamiento: persona física o jurídica, de naturaleza pública o privada, u órgano administrativo, que decida sobre la finalidad, contenido y uso del tratamiento.*

.....”

El artículo 7 considera los datos de carácter personal relativos a la salud como datos especialmente protegidos, permitiendo el tratamiento de los mismos únicamente cuando:

*“... resulte necesario para la prevención o para el diagnóstico médicos, la prestación de asistencia sanitaria o tratamientos médicos o la gestión de servicios sanitarios, siempre que dicho tratamiento de datos se realice por un profesional sanitario sujeto al secreto profesional o por otra persona sujeta asimismo a una obligación equivalente de secreto.*

*También podrán ser objeto de tratamiento los datos a que se refiere el párrafo anterior cuando el tratamiento sea necesario para salvaguardar el interés vital del afectado o de otra persona, en el supuesto de que el afectado esté física o jurídicamente incapacitado para dar su consentimiento.”*

Adicionalmente sobre el tratamiento de este tipo de datos de carácter personal, el artículo 8, *Datos relativos a la salud*, expone:

*“Sin perjuicio de lo que se dispone en el artículo 11 respecto de la cesión, las instituciones y los centros sanitarios públicos y privados y los profesionales correspondientes podrán proceder al tratamiento de los datos de carácter personal relativos a la salud de las personas que a ellos acudan o hayan de ser tratados en los mismos, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación estatal o autonómica sobre sanidad.”*

Sobre la comunicación de datos, el artículo 11 especifica:

*“1. Los datos de carácter personal objeto del tratamiento sólo podrán ser comunicados a un tercero para el cumplimiento de fines directamente relacionados con las funciones legítimas del cedente y del cesionario con el previo consentimiento del interesado.*

*2. El consentimiento exigido en el apartado anterior no será preciso:*

.....  
.....

*f. Cuando la cesión de datos de carácter personal relativos a la salud sea necesaria para solucionar una urgencia que requiera acceder a un fichero o para realizar los estudios epidemiológicos en los términos establecidos en la legislación sobre sanidad estatal o autonómica.*

.....

..... “

Sobre el deber de secreto, el artículo 10 detalla:

*“El responsable del fichero y quienes intervengan en cualquier fase del tratamiento de los datos de carácter personal estén obligados al secreto profesional respecto de los mismos y al deber de guardarlos, obligaciones que subsistirán aun después de finalizar sus relaciones con el titular del fichero o, en su caso, con el responsable del mismo.”*

La seguridad de los datos queda recogida en el artículo 9 de la LOPD, y determina:

*“El responsable del fichero, y, en su caso, el encargado del tratamiento deberán adoptar las medidas de índole técnica y organizativas necesarias que garanticen la seguridad de los datos de carácter personal y eviten su alteración, pérdida, tratamiento o acceso no autorizado, habida cuenta del estado de la tecnología, la naturaleza de los datos almacenados y los riesgos a que estén expuestos, ya provengan de la acción humana o del medio físico o natural.”*

Estas medidas de seguridad que se mencionan en el artículo 9 de la LOPD junto con otros aspectos de consideración, quedan reflejadas en el Real Decreto 1720/2007, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal (RLOPD).

## 4.2 Reglamento de Desarrollo de la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (RLOPD)

El Real Decreto 1720/2007, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (RLOPD), deroga el anterior Real Decreto 994/1999, de 11 de Junio, Reglamento de medidas de seguridad de los ficheros automatizados que contengan datos de carácter personal; vigente hasta el pasado 19 de abril de 2008.

Su ámbito es de aplicación a datos de carácter personal registrados en soporte físico, que los haga susceptibles de tratamiento, y a toda modalidad de uso posterior de estos datos por los sectores público y privado.

En cumplimiento con la seguridad de los datos exigida en el artículo 9, Título II, de la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de carácter Personal (RLOPD), en su Título VIII, expone las medidas de seguridad necesarias en el tratamiento de datos de carácter personal y tiene por objeto establecer las medidas de índole técnica y organizativa necesarias para garantizar la seguridad que deben reunir los ficheros, los centros de tratamiento, locales, equipos, sistemas, programas y las personas que intervengan en el tratamiento de los datos de carácter personal.

El Reglamento (RLOPD) clasifica las medidas de seguridad exigibles a los ficheros y tratamientos de datos personales en tres niveles distintos: básico, medio y alto. Concretamente, para los datos referentes a la salud, se deben aplicar las medidas de

nivel alto (artículo 81). Este hecho implica que, adicionalmente, se debe cumplir también con las medidas exigidas en los niveles inferiores (medio y bajo).

Respecto a las telecomunicaciones, y cuando se trate de datos de carácter personal de nivel alto, el artículo 104 de este Reglamento establece:

*“...la transmisión de datos de carácter personal a través de redes públicas o redes inalámbricas de comunicaciones electrónicas se realizará cifrando dichos datos o bien utilizando cualquier otro mecanismo que garantice que la información no sea inteligible ni manipulada por terceros.”*

Algunas otras medidas que se deben adoptar para poder cumplir con un nivel de seguridad alto sobre ficheros automatizados, son: registro en la Agencia Española de Protección de Datos, creación del documento de seguridad, identificación de los usuarios autorizados, control y registro de acceso a los datos, copias de seguridad semanales, nombramiento de responsable de seguridad, auditoria de seguridad informática bianual, control de accesos que evite los intentos reiterados, control de acceso físico a los locales, registro de copias de seguridad, registro de entrada y salida de soportes, cifrado de soportes que contengan datos de nivel alto, copias de seguridad en locales diferentes de donde se encuentran ubicados los ordenadores, sistema de etiquetado confidencial.

Entre las medidas citadas anteriormente se encuentra la elaboración e implantación de la normativa de seguridad mediante un documento de obligado cumplimiento para el personal con acceso a los datos de carácter personal. Para su elaboración, y con el objeto de facilitar a los responsables de ficheros y a los encargados de tratamientos de datos personales la adopción de las disposiciones del RLOPD, la Agencia Española de Protección de Datos dispone en su página web ([www.agpd.es](http://www.agpd.es)) de un modelo de "Documento de Seguridad", que sirve de guía y facilita el desarrollo y cumplimiento de la normativa sobre protección de datos.

### **4.3 Ley 41/2002, autonomía del paciente y derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica**

La Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica, tiene por objeto la regulación de los derechos y obligaciones de los pacientes, usuarios y profesionales, así como de los centros y servicios sanitarios, públicos y privados, en materia de autonomía del paciente y de información y documentación clínica, haciendo especial referencia a la integridad, disponibilidad y confidencialidad de los datos. Así mismo, establece la definición y el archivo de la historia clínica.

En materia de seguridad informática, cabe destacar que ésta no es sólo un principio que debe regir los servicios sanitarios, sino que también es un derecho de los pacientes. Concretamente, el artículo 19 establece:

*“El paciente tiene derecho a que los centros sanitarios establezcan un mecanismo de custodia activa y diligente de las historias clínicas. Dicha custodia permitirá la recogida, la integración, la recuperación y la comunicación de la información sometida al principio de confidencialidad con arreglo a lo establecido por el artículo 16 de la presente Ley.”*

#### **4.4 Ley 16/2003, de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud**

La Ley 16/2003, de 28 de mayo, de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud, establece un marco legal para las acciones de coordinación y cooperación de las Administraciones públicas sanitarias, en el ejercicio de sus respectivas competencias, de modo que se garantice la equidad, la calidad y la participación social en el Sistema Nacional de Salud, así como la colaboración activa de éste en la reducción de las desigualdades en materia de salud.

Fija la obligación del responsable del fichero de adoptar las medidas técnicas y organizativas necesarias para evitar la alteración, la pérdida, el tratamiento o el acceso no autorizado a los datos personales, logrando una máxima fiabilidad y garantizando la calidad de la asistencia así como la confidencialidad e integridad de la información por medio de una red segura.



## Capítulo 5. Infraestructura de red cableada

Los objetivos del presente proyecto discurren a lo largo del diseño de una red troncal para prestar servicios de telemedicina móviles. Como ya se ha comentado en el capítulo 2, apartado 2.2 (*Movilidad*), esta movilidad requiere el uso de cierta infraestructura de red inalámbrica para satisfacer las necesidades planteadas, que ineludiblemente debe ser complementada con una arquitectura de red cableada en el interior de las instalaciones hospitalarias, que permita una funcionalidad completa de la red de datos y constituya una solución global para servicios de telemedicina.

La red cableada permite gestionar y compartir de manera eficiente, a la vez que con relativa seguridad, los distintos recursos médicos, sanitarios u hospitalarios disponibles de manera local en el interior de las instalaciones hospitalarias. Su concepto se corresponde con el de una red de área local (LAN), en donde la disponibilidad de los recursos se encuentra supeditada a una conexión física (directa) a la red de datos.

La interconexión entre la red cableada y la red inalámbrica permite disponer los recursos locales de manera remota sin la necesidad de una conexión física (directa) a la red de datos, convergiendo de esta manera ambas redes en una única solución integral para servicios de telemedicina, que posibilita la movilidad del personal sanitario o pacientes. Por tanto, las características propias de la red cableada así como su interconexión con la red inalámbrica condicionarán la funcionalidad y disponibilidad de los servicios ofrecidos (ya sea de forma local o remota), así como de la seguridad de los mismos y de la información manipulada.

El diseño de la red cableada puede constituir en sí mismo un amplio tema de estudio del que no pretende ser objeto principal el presente proyecto. Aunque dada la importancia de esta red cableada, a continuación se exponen brevemente una serie de cuestiones relacionadas con la arquitectura física de la red, haciendo énfasis en la seguridad de la misma, que permitan posteriormente una correcta integración de los servicios médicos, sanitarios u hospitalarios a través de la interconexión con la red inalámbrica.

Los elementos considerados a continuación no son los únicos ni son excluyentes de otro tipo de soluciones, y únicamente pretenden ofrecer una orientación de algunos factores relacionados con la seguridad y la integración de la red inalámbrica en la red de datos cableada.

### 5.1 Mecanismos de prevención

La interconexión de sistemas informáticos para crear redes de datos, de área local o área extendida, implica cierto riesgo respecto a los datos tratados o almacenados. En cierta manera, estos datos están condicionados a la seguridad que pueden ofrecer tanto los sistemas informáticos como la red de datos, hecho que implica la necesidad de realizar un diseño de arquitectura de red con la finalidad de prevenir ataques informáticos o intrusiones no deseadas que puedan vulnerar la integridad y/o la confidencialidad de la información.

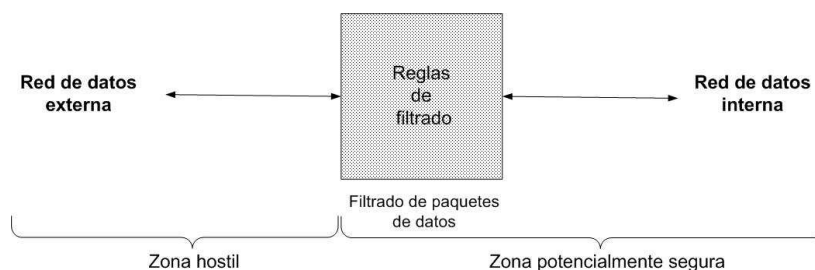
La prevención de ataques informáticos o intrusiones no deseadas en la red de datos es la suma de una serie de mecanismos de seguridad que proporcionan un primer nivel de protección contra cierto tipo de ataques antes que éstos lleguen a su objetivo.

### 5.1.1 Cortafuegos (*firewall*)

Un cortafuegos es un sistema de red que se encarga expresamente de la separación de diferentes redes de datos efectuando constantemente un control del tránsito existente entre ambas.

Se trata de un mecanismo de control de acceso sobre la capa de red, que en última instancia permite o deniega el paso de una comunicación de una red a otra mediante un control de protocolos (ya sea TCP, IP, UDP, ICMP,...), separando de esta manera una red de datos, en donde los equipos que intervienen son de “confianza”, de los equipos potencialmente hostiles del exterior.

Actualmente existen diversas tecnologías para la construcción de sistemas cortafuegos, y evidentemente cada una presenta una serie de ventajas y desventajas, pero por su relativa sencillez de implementación en la red se puede optar por el uso de routers con filtrado de paquetes de datos, tal y como se muestra en la figura 5.



**Figura 5. Dispositivo de filtrado de paquetes de datos.**

Adicionalmente, y si en un futuro la política de seguridad lo requiere, esta tecnología presenta la posibilidad de complementarse con otras técnicas similares como pueden ser las pasarelas a nivel de aplicación o a nivel de circuito.

Una cuestión importante, y que no se debe descuidar, es la propia protección del cortafuegos frente a intrusiones externas. Para ello, el dispositivo debe estar correctamente configurado (mediante las reglas de filtrado) y actualizado periódicamente, y de forma regular, mediante los paquetes de actualizaciones normalmente disponibles por parte del fabricante/proveedor del sistema.

Debido a que estos sistemas no suelen tener capacidad de registro, es aconsejable complementar la instalación con algún sistema IDS con sensor basado en red, de manera que el administrador de la red pueda obtener información sobre el tránsito de la misma así como tener constancia de posibles ataques sobre los diferentes dispositivos.

### 5.1.2 Zonas desmilitarizadas (DMZ)

La utilización de un único sistema cortafuegos (*firewall*) no ofrece garantías suficientes para preservar correctamente la seguridad de la información en el tipo de red que nos ocupa. Si una persona no autorizada consiguiese comprometer cualquiera de los sistemas que se encuentran detrás de un único punto de prevención (*firewall*), el resto de sistemas situados detrás de éste pueden ser igualmente vulnerados desde el equipo comprometido.

Hay que considerar que en este tipo de red cableada surge la necesidad de contar con varios servidores que sean accesibles públicamente desde el exterior de la red local (por ejemplo para consulta de servicios de información hospitalaria, consulta de correo electrónico por el personal/médico sanitario,...), juntamente con estaciones de trabajo o servidores privados de datos de salud que deberían estar completamente aislados de las conexiones efectuadas desde el exterior de la red.

Se puede conseguir una solución que optimice y ofrezca los recursos disponibles en función del origen de las conexiones mediante la separación de estos sistemas informáticos entre dos grupos de cortafuegos. Este concepto se puede apreciar en la figura 6, y se conoce como zona desmilitarizada (DMZ).

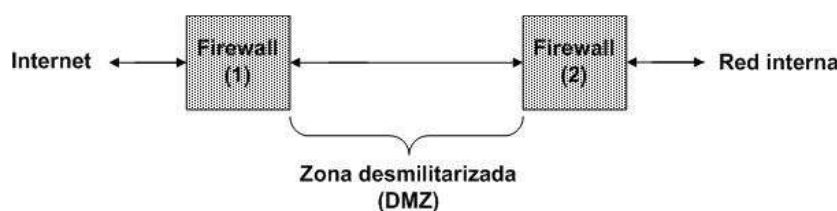


Figura 6. Zona desmilitarizada (DMZ).

Sobre la DMZ se deben ubicar los servidores que sean accesibles desde el exterior de la red; podríamos considerarlos como recursos “públicos”. El acceso a estos recursos desde el exterior de la red (Internet) está controlado mediante el dispositivo *firewall* (1).

El dispositivo *firewall* (2) deniega cualquier intento de conexión que proceda desde el exterior de la red corporativa (desde Internet), proporcionando una red interna aislada y con una serie de recursos privados únicamente reservados a personal autorizado. De esta manera se consigue una solución que evita que cualquier ataque sobre la DMZ comprometa la integridad de la red interna.

### 5.1.3 Arquitectura de red propuesta

De acuerdo a las características vistas hasta el momento respecto los sistemas de prevención, se puede apreciar en la figura 7 un ejemplo de la arquitectura propuesta para la red cableada mediante el uso de DMZ.

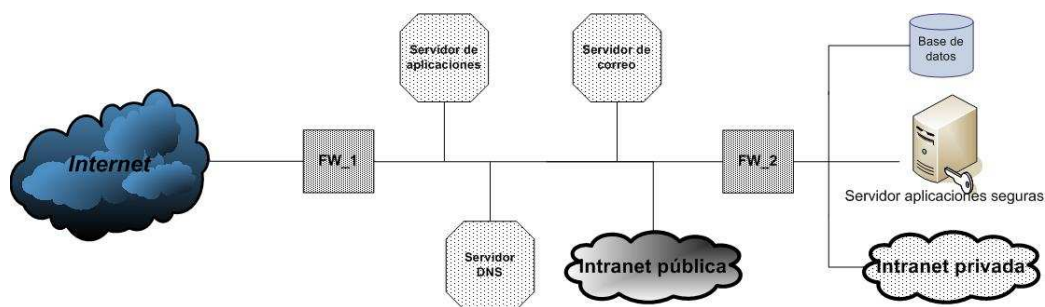


Figura 7. Arquitectura de red cableada.

El dispositivo *firewall* (FW\_1) separa la red externa (Internet) del segmento DMZ, zona donde se deben ubicar los servidores y recursos que sean accesibles públicamente desde el exterior de la red corporativa (Internet). También se puede ubicar dentro de este segmento una Intranet de carácter público dentro del recinto hospitalario, cuyas funciones puedan ser las de prestar servicios de valor añadido a:

- pacientes: por ejemplo, proporcionando conexiones a Internet mediante ordenadores de uso público.
- instalaciones hospitalarias: por ejemplo, en sistemas de videovigilancia, tomando las medidas de seguridad oportunas, o para sistemas de VoIP.

El segundo firewall (FW\_2) es el punto de contacto entre la red interna (recursos privados) y el segmento DMZ, y debe ser configurado para denegar todos los intentos de conexión recibidos desde el exterior de la red corporativa. Esta red interna debe contener única y exclusivamente un conjunto de estaciones de trabajo de personal médico/sanitario autorizada al acceso a zonas de datos de carácter sensible (Intranet privada), así como las bases de datos relacionadas con la salud de los pacientes o con otros datos potencialmente privados y el correspondiente servidor seguro de aplicaciones para este tipo de datos.

Todos los mecanismos de prevención comentados hasta el momento deben ser correctamente complementados con otros mecanismos de protección. Existe una amplia variedad tecnológica respecto a estos mecanismos, y la implementación de uno u otro debe considerarse en función de la necesidad concreta de seguridad requerida para un determinado servicio. Algunos ejemplos de estos mecanismos de protección son: criptografía (clave pública, clave simétrica,...), sistemas de autenticación mediante firmas digitales o protocolos de reto-respuesta, arquitecturas IPsec, SSL, TLS, VPN, etc.

## 5.2 Interconexión entre red cableada (LAN) y red troncal inalámbrica

El punto de interconexión entre la red cableada y la red troncal inalámbrica de largo alcance resulta ser un aspecto fundamental respecto a la seguridad de los servicios que posteriormente se ofrecerán a través de esta red inalámbrica, así como de la seguridad general de la red cableada y de la información tratada o almacenada.

La interconexión entre ambas redes se debe realizar mediante un *firewall* adicional dedicado (FW\_3) sobre el segmento DMZ, tal y como se muestra en la figura 8.

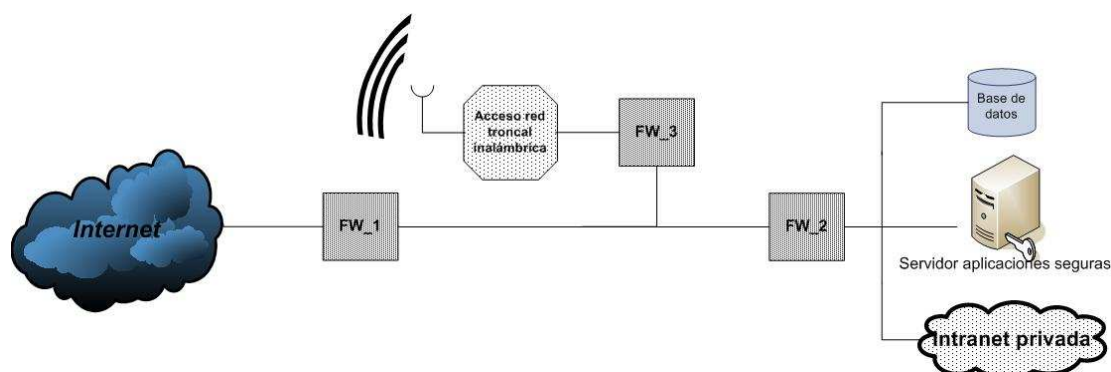


Figura 8. Interconexión LAN y red troncal inalámbrica.

Añadir el firewall (FW\_3) permite establecer unas reglas particulares de filtrado de tráfico de datos entre redes, necesarias para obtener unos mínimos requerimientos de eficiencia y seguridad. En este punto, el tráfico de datos procedente de conexiones de la red externa (Internet), debe seguir una estricta política de denegación por defecto sin que existan otras reglas de filtrado adicionales que lo habiliten. Por otra parte, para el tráfico de datos procedente de las conexiones de la red inalámbrica o de la red interna situada detrás del firewall (FW\_2), se deberá seguir también una política de denegación por defecto, aunque en este caso se deberán habilitar unas reglas concretas de filtrado que permitan cierto tráfico autorizado entre ambos dispositivos, correspondiente a la prestación de servicios médicos/sanitarios mediante la red de telemedicina móvil.

La interconexión de ambas redes se debe realizar sobre el segmento DMZ, ya que incrementa la seguridad y robustez de la solución general. Este hecho es debido a que en las conexiones procedentes de la red de datos inalámbrica, cualquier hipotético acceso no autorizado sobre la red interna debería superar dos dispositivos de filtrado de tráfico antes de llegar a la zona sensible de datos (red interna situada detrás de FW\_2). Igualmente la interconexión directa sobre la red interna (detrás de FW\_2) es una solución desaconsejable, ya que supone que este hipotético atacante, una vez superado el firewall (FW\_3), se encuentra directamente en una zona sensible con posibilidad de acceder a información privada, de carácter personal, y relacionada con la salud de las personas.

## Capítulo 6. Infraestructura de red troncal inalámbrica

Existen varias soluciones tecnológicas que aportan movilidad y permiten implementar una red troncal inalámbrica de largo alcance para servicios de telemedicina en el exterior de las instalaciones hospitalarias.

Se desestiman las soluciones tecnológicas, como la comunicación vía satélite, cuyo ámbito de aplicación resulta desmedido para la consecución de los objetivos sobre el área de cobertura determinado por el presente proyecto.

Las alternativas tecnológicas existentes se pueden clasificar en dos grandes grupos, que podemos denominar como:

1. Redes de servicios generales o de “uso compartido”: son aquellas redes de datos inalámbricas de largo alcance cuya tecnología ofrece un servicio de transmisión de voz y/o datos de forma genérica a un conjunto amplio y diverso de usuarios. Estas redes ofrecen una serie de mecanismos que permiten la creación de redes privadas virtuales, aunque en ellas resulta inevitable compartir ciertos recursos de red con otros usuarios completamente ajenos a los servicios médicos/sanitarios. Algunos ejemplos son:

- ◆ GPRS (General Packet Radio Service): redes de telefonía móvil que permiten el intercambio de datos mediante paquetes. Corresponden a una generación 2.5G y permite una tasa máxima teórica de transferencia teórica de 171,2 Kbps (finalmente en la práctica son unos 40 Kbps), cifra muy superior a los 9,6 Kbps teóricos que proporcionan las redes 2G (GSM).
- ◆ UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): estándar europeo de tercera generación (3G) para redes inalámbricas de largo alcance. La tasa máxima teórica de transmisión de datos está en función de la velocidad a la que se desplaza el dispositivo móvil, siendo de:
  - Hasta 2 Mbps: con movilidad baja o reducida (hasta 10 Km/h).
  - Hasta 384 Kbps: con movilidad media (hasta 120 Km/h).
  - Hasta 144 Kbps: con alta movilidad (hasta 500 Km/h).

Estas tasas teóricas se convierten en la práctica en unas tasas de transmisión en torno a los 200-300 Kbps.

- ◆ HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): se puede considerar como el primer estándar 3.5G. La tasa máxima teórica de transferencia es de 14,4 Mbps, que se reducen a la práctica a unos 500-1000 Kbps. Ofrece una movilidad baja respecto a la velocidad de desplazamiento del dispositivo inalámbrico de acceso a la red (menos de 30 Km/h).

Las características y naturaleza de este tipo de redes implican la prestación de servicios a través de terceros debidamente autorizados a dicha prestación y que dispongan de la infraestructura de red apropiada, hecho que adicionalmente puede

dificultar una correcta gestión y administración de los recursos necesarios en la red para servicios de telemedicina móviles.

Estas particularidades provocan que este tipo de redes no sea el más apropiado para la consecución de los objetivos y queden fuera del alcance de este proyecto.

2. Redes de uso privado (ad hoc): son aquellas redes de datos inalámbricas que pueden proporcionar comunicaciones de largo alcance y cuya infraestructura y recursos disponibles son completamente privados y en régimen de autoprestación.

En este ámbito, y sobre el contexto en el que se desarrolla este proyecto, las principales tecnologías que a priori pueden proporcionar una solución para la red troncal inalámbrica de largo alcance son las diferentes variantes existentes de los estándares:

- ◆ IEEE 802.11 (WiFi): Las diferentes variantes de este estándar permiten crear redes inalámbricas de alcance medio sobre una misma área física, tanto en interiores como en exteriores, aportando cierta movilidad. Se puede aumentar el alcance de la red mediante la interconexión de varios puntos de acceso. La tasa máxima de transferencia de datos varía en función de factores como el medio (aplicaciones en interiores o exteriores), la variante correspondiente del estándar, la distancia al punto de acceso y el número de usuarios conectados a ese punto de acceso. En exteriores, las tasas máximas teóricas de transferencia son 54 Mbps (802.11a /g) y 11 Mbps (802.11b).

Como contrapartida, y debido a las características requeridas por el contexto de la red troncal inalámbrica, cabe destacar que esta tecnología no dispone de un acceso al medio muy eficiente ya que no permite que varios usuarios transmitan simultáneamente sobre un mismo canal. Además, a no ser que los dispositivos integren específicamente 802.11e, no permite establecer *QoS*. Debido a estas características se puede concluir que no se trata de una solución muy adecuada para implementar la red troncal, aunque sí puede ser válida para establecer otro tipo de redes con menores requisitos (por ejemplo para dispositivos de videovigilancia en las instalaciones hospitalarias).

Las variantes *b* y *g* utilizan la banda de frecuencia ICM 5 (2.400-2.500 MHz) asignada por el CNAF siguiendo la nota UN-85, mientras que la variante *a* utiliza la banda ICM 6 (5.725-5.875) siguiendo la nota UN-128.

El largo proceso de estandarización sufrido por 802.11n (disponible desde hace varios años en su especificación de borrador, es decir, como estándar no ratificado oficialmente), y la variación de las especificaciones respecto a los diferentes borradores previos a la ratificación oficial del estándar, dificulta la coexistencia de dispositivos de diferentes fabricantes o generaciones (en fase borrador o como estándar ratificado).

- ◆ IEEE 802.16 (WiMax): permite ofrecer servicios de banda ancha en zonas de baja densidad de población, siendo una solución inalámbrica de “última milla” para extender las redes de datos. A continuación, en el apartado 6.1 *WiMax (IEEE 802.16)*, se detallan las principales características de esta tecnología.

## 6.1 WiMax (IEEE 802.16)

El estándar IEEE 802.16 (*Wireless Metropolitan Area Networks*, publicado en diciembre de 2001) opera en las frecuencias entre 10 y 66 GHz, y requiere visión directa (LOS) entre el equipo emisor y el receptor.

La variante 802.16a opera en un rango de frecuencias menor (entre 2 y 11 GHz), lo que permite obtener mayores alcances de radio y en ocasiones una cobertura con visión directa parcial entre emisor y receptor. Esta variante es la que habitualmente se conoce como WiMax (ó 802-16-2004) y proporciona teóricamente una tasa de transmisión de datos de hasta 70 Mbps (sobre un canal de 20 MHz).

Adicionalmente, en noviembre del año 2005, aparece la variante 802.16e (ó 802.16-2005), que trabaja en una frecuencia entre 2 y 6 GHz y permite que los terminales móviles (dispositivos de usuario) puedan operar con una movilidad que permite una velocidad de desplazamiento del dispositivo de, aproximadamente, hasta 150 Km/h. En esta variante, la tasa teórica de transmisión de datos es de hasta 15 Mbps y permite ciertos entornos NLOS.

De forma análoga a las soluciones WiFi, este tipo de infraestructura consta de elementos que realizan las funciones de punto de acceso, denominados BS (*Base Station*) y dispositivos de usuario para el acceso a la red inalámbrica, denominados SS (*Suscriber Station*) o CPE (*Customer Premises Equipment*).

Las siguientes son las principales características que hacen que WiMax sea una solución apropiada para implementar la red troncal inalámbrica de largo alcance:

- a. Modulación adaptativa: si existen pocas pérdidas en el canal, la tasa de transmisión de datos aumenta utilizando una modulación que transporte una mayor cantidad de bits por símbolo.
- b. Soporta entornos LOS y NLOS.
- c. Banda frecuencial: permite operar mediante bandas de frecuencias licenciadas o de uso común.
- d. Escalabilidad: ancho de banda flexible por canal (entre 1,5-20 MHz). Permite la reutilización de frecuencias (sectorización).
- e. Diversidad: en recepción utiliza diversidad MRC. En transmisión cuenta con diversidad temporal, transmitiendo la misma información en instantes de tiempo distintos mediante distintas antenas.
- f. Sus diferentes perfiles de trabajo incluyen enlaces punto-a-punto y punto-a-multipunto.
- g. La selección dinámica de frecuencia (DFS) permite cambiar de frecuencia automáticamente en caso de detectar interferencias, obligatorio en bandas libres (de uso común).



- h. Eficiencia de acceso al medio de transmisión. Ofrece un servicio orientado a la conexión en donde es posible garantizar los recursos disponibles, definiendo los siguientes niveles de QoS:
- UGS (Unsolicited Grant Service): cada usuario tiene garantizada una tasa de transmisión constante (CBR, Constant Bit Rate), ya que tiene la ranura garantizada. Es apropiado para un tráfico de datos con estrictos requerimientos de QoS, en donde los retardos y las pérdidas de datos deben ser minimizados.
  - PS (Polling Service): soporta tráfico que requiere garantizar cierta QoS. Se puede clasificar en:
    - rtPS (real-time Polling Service): el usuario solicita los recursos necesarios a la red y ésta se encarga de proporcionarlos dinámicamente (dentro de unos límites).
    - nrtPS (non real-time Polling Service): como en el caso anterior pero para datos menos sensibles al retardo.
  - BE (Best Effort): tráfico que no tiene QoS garantizada, como puede ser el caso de la navegación por Internet.

El modelo (topología) de red de la variante 802.16e, cuyo uso está designado para soportar la movilidad de las SS, consta de una única BS que presta movilidad de servicios a las diferentes SS ubicadas en una determinada zona predefinida de cobertura.

### 6.1.1 Banda frecuencial de trabajo del enlace de radio

Según el CNAF, el uso común (sin licencia) del espectro radioeléctrico no tiene garantizada la protección frente a otras utilidades ni puede causar perturbaciones a otros servicios existentes legalmente autorizados. Este hecho resulta determinante a la hora de garantizar la integridad y fiabilidad de las comunicaciones de radio, pero el uso de una banda licenciada para la prestación de servicios a través de la red inalámbrica queda fuera del alcance de este proyecto.

De esta manera, y según las especificaciones de los dispositivos comerciales dotados con esta tecnología, la transmisión de datos se debe efectuar mediante un espectro de uso común en una frecuencia en torno a 5.470-5.725 MHz. La nota UN-128 determina las condiciones de uso de este espectro de frecuencias según la finalidad perseguida por este proyecto.

UN-128		
Frecuencia	Potencia	Aplicación
De 5.150 MHz a 5.350 MHz	Entre 30mW y 200mW (dependiendo de si hay TPC y/o DFS)	Sólo interiores
De 5.470 MHz a 5.725 MHz	Máximo 1 W PIRE (con TPC y DFS)	Interiores y exteriores

**Tabla 5. Resumen nota UN-128.**

En el espectro de frecuencias seleccionado (5.470-5.725 MHz) se puede transmitir con una potencia PIRE de hasta 1 vatio, equivalente a 30 dBm. No obstante, para evitar posibles problemas con sistemas de radar o satélites (que utilizan el espectro de radio de forma licenciada), los dispositivos deben implementar soluciones de selección dinámica de frecuencias (DFS) y control de potencia de transmisión (TPC).

Una de las posibles ventajas de utilizar la banda de 5 GHz es que ésta no se encuentra tan congestionada como la de 2,4 GHz, por lo que probablemente existirán menores interferencias, aunque por el contrario, las pérdidas debidas a la propagación de la señal por el espacio serán mayores.

## 6.1.2 Aproximación del alcance del enlace de radio

WiMax soporta una modulación adaptativa en función de las condiciones particulares del canal. De esta manera, la sensibilidad típica de los equipos varía en función de la modulación utilizada en la transmisión, hecho que repercute directamente en una mayor eficiencia o rango de cobertura del enlace inalámbrico.

A modo de aproximación, y sin tener en cuenta factores NLOS, a continuación se calcula el alcance máximo teórico del enlace de radio en función de las diferentes sensibilidades típicas de los equipos de red, así como de los aspectos legales considerados en la nota UN-128.

Para el cálculo se ha considerado un simple método semiempírico optimista que considera las pérdidas únicamente en función de la frecuencia de trabajo y no tiene en cuenta las posibles reflexiones de la señal de radio (consideraciones NLOS), el método del *espacio libre*. Evidentemente los resultados obtenidos no son extrapolables a la realidad, pero sí orientativos de cómo se puede adaptar la señal de radio para aumentar el alcance de red mediante la variación de la sensibilidad de los dispositivos. Para dispositivos WiMax móviles (802.16e) las sensibilidades típicas pueden variar entre los siguientes valores:

- -77 dBm: para modulaciones 64QAM (6 bits por símbolo y 64 símbolos o niveles diferentes) con portadoras de 5 MHz. La velocidad de transferencia de datos es alta pero el alcance teórico de la señal de radio se reduce a 95 metros.

$$-77 = 30 - 20 \log \left( \frac{4\pi d}{3 \cdot 10^8} \right) \Rightarrow d = 95,48 \text{ m}$$

- -97 dBm: para modulaciones BPSK (1 bit por símbolo y 2 símbolos o niveles diferentes) con portadoras de 5 MHz. La tasa de transferencia de datos es mucho más reducida que en el caso anterior, pero el alcance de la señal de radio se amplía teóricamente hasta 954 metros.

$$-97 = 30 - 20 \log \left( \frac{4\pi d}{3 \cdot 10^8} \right) \Rightarrow d = 954,8 \text{ m}$$

No todos los dispositivos pueden trabajar en un rango tan amplio de sensibilidades, estando la mayoría de ellos entre -80 dBm y -95 dBm.

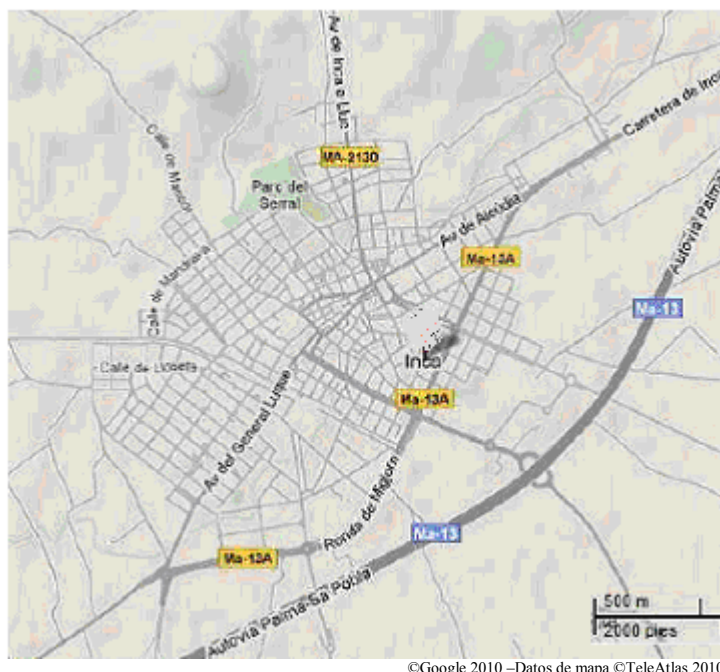


Figura 9. Plano general del escenario del proyecto.

### 6.1.3. Elementos de red troncal

En el estándar WiMax, los diferentes dispositivos que forman una red utilizan diferentes técnicas de diversidad para intentar paliar las interferencias, provocadas por otros servicios que perturban el espacio radioeléctrico, o por la propia propagación multitrayecto de la señal debido a la presencia de obstáculos.

En transmisión se cuenta con un esquema de diversidad temporal, donde se utilizan dos antenas para transmitir información diferente durante un mismo instante de tiempo. De esta manera, durante el instante de tiempo  $t$  se transmite el símbolo  $X$  por la antena 1 y el símbolo  $Y$  por la antena 2, mientras que en el instante  $t+1$  se trasmite el símbolo  $Y$  por la antena 1 y el  $X$  por la antena 2. Por el contrario, en recepción se propone el uso de diversidad en espacio MRC (*Maximal Ratio Combining*), donde se suman de forma ponderada en función del valor S/N cada una de las fases de la señal, ofreciendo una mejora proporcional a la amplitud (nivel de señal) de la portadora recibida.

Una vez conocidas las técnicas de diversidad temporal y espacial que implementan estos equipos, se puede hacer mención explícita de los elementos básicos que componen la red troncal inalámbrica:

- **Estación base (BS):** proporciona diferentes servicios a los dispositivos de usuario (SS o CPE), donde básicamente se pueden distinguir:
  - Servicios de datos: destinados a transmitir el tráfico de datos generado entre BS y SS (y viceversa). En la estación base, los datos a transmitir llegan a través de la interfaz de red cableada, que habitualmente es Ethernet. Para

poder transmitir estos datos a través del medio aéreo, es necesario que éstos sean adaptados al nuevo medio de transmisión, por lo que son modulados y posteriormente amplificados para ser transmitidos a través de la antena al medio aéreo. En recepción la BS actúa de forma inversa, recibiendo los datos modulados (símbolos de modulación) a través de la antena, por lo que debe realizar una demodulación de los mismos adaptándolos al medio de transmisión de red cableada que, como se ha comentado, suele ser mediante interfaz Ethernet (aunque puede ser cualquier otro que soporte protocolo IP a nivel de red).

- Servicios de gestión: destinados a intercambiar la información que controlará los enlaces entre BS y SS cuando se utiliza una topología de red punto-a-multipunto (PmP). En este caso, la estación base se encarga de gestionar el acceso al medio y la disponibilidad de los recursos de red, según las negociaciones establecidas con los diferentes SS a los que presta servicio dentro del área de cobertura de red (ninguna SS transmite sin permiso de la BS). Para cada uno de estos servicios se establece una *QoS* concreta así como una política de filtrado (conjunto de reglas que permiten determinar el tipo de paquetes de datos que se van a cursar por el servicio), clasificando de esta manera el tipo de tráfico a cursar y asignando para ello los recursos de red necesarios. De esta manera, y en función de las negociaciones entre SS y BS que determinan el tipo de servicio requerido, la capa MAC de WiMax es la encargada de asignar estas políticas de filtrado y de acceso a los recursos del medio.
- **Dispositivos de usuario (SS o CPE)**: se trata del dispositivo terminal localizado en el lado del usuario, y que le proporciona acceso a la red de datos inalámbrica. En una topología PmP, cada BS es capaz de gestionar varias decenas (e incluso centenas) de SS dentro de la misma zona de cobertura, realizando la transmisión en tramas de longitud constante perfectamente organizadas por la BS.

De forma análoga a la estación base, los dispositivos de usuario se componen de una interfaz de red de datos, que puede ser Ethernet o incluso USB, y una unidad de radiofrecuencia (conectada a su correspondiente antena) que realiza el proceso de modulación/demodulación de la señal. Es habitual que en los terminales de usuario que disponen de interfaz USB, la alimentación eléctrica del dispositivo se realice a través del mismo puerto. Así mismo, el tipo de interfaz de conexión a la red de datos que proporciona el SS resulta determinante a la hora de poder seleccionar un dispositivo concreto con el que finalmente pueda interactuar el usuario transmitiendo o recibiendo información (por ejemplo mediante un ordenador o una PDA con interfaz USB), o que pueda facilitar este proceso (por ejemplo mediante un router).

- **Antenas**: elemento básico, presente en cualquier red de comunicaciones inalámbrica, que permite propagar o recibir las ondas de radio a través del medio de transmisión aéreo. Las antenas se localizan tanto en la estación base (BS) como en los dispositivos de usuario (SS), y los parámetros básicos que las definen son los siguientes:

- Impedancia de entrada: razón entre el voltaje y la corriente en los terminales de la antena.
- Voltage Standing Wave Ratio (VSWR): medida de desadaptación entre la impedancia del transmisor y la impedancia de la antena. A mayor VSWR peor es la adaptación ( $VSWR = 1 \rightarrow$  adaptación perfecta).
- Directividad y ganancia: ambos parámetros expresan la cantidad de radiación que una antena concentra hacia cierta dirección preferente. La ganancia está directamente relacionada con la potencia de alimentación de la antena, mientras que la directividad se relaciona con la potencia de radiación.
- Polarización: de la señal a propagar respecto a un plano dado de la tierra. Es la incapacidad del vector campo eléctrico a refractarse o reflejarse en ciertas direcciones, pudiendo obtener de esta manera una polarización lineal, circular o elíptica.
- Ancho de banda: rango de frecuencias en los cuales los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Por tanto, son todas aquellas frecuencias en las que las características de la antena se mantienen invariables, ofreciendo un comportamiento similar al que tendría si operase en la frecuencia central.
- Diagrama o patrón de radiación: representación gráfica de las características de radiación de una antena en función de la dirección (azimut y elevación).

No basta únicamente con seleccionar un tipo de antena con unas características que a priori permitan satisfacer las necesidades previstas del enlace de radio, sino que hay que garantizar, en la medida de lo posible, una correcta instalación de la misma, dejando libre de obstáculos el 60% del radio de la zona de Fresnel, y una correcta orientación respecto al área prevista de cobertura de red, de tal manera que estos factores no disminuyan la ganancia efectiva proporcionada por las características de la antena.

En la estación base, y si el equipamiento lo permite, las antenas de tipo direccional permiten sectorizar el área de cobertura de red, mejorando de esta manera la eficiencia espectral en caso de necesidad. Esta solución no está prevista en el presente proyecto.

Adicionalmente a los dispositivos que componen la red troncal inalámbrica, y como se ha comentado en el capítulo 5, apartado 5.2 (*Interconexión entre red cableada (LAN) y red troncal inalámbrica*), es necesario implementar un dispositivo que permita interconectar satisfactoriamente la red inalámbrica con la red cableada. Puesto que ambas redes trabajan, según el modelo OSI, con el mismo protocolo a nivel de red, el objetivo de este elemento de interconexión es el de segmentar ambas redes filtrando los paquetes de datos que circulan entre ellas (actuando como *firewall*).

## 6.1.4 Topología de red

El estándar WiMax define diferentes perfiles (o modos) de trabajo: punto-a-punto, punto-a-multipunto e incluso *mesh*. Estos modos de trabajo o perfiles hacen referencia al modo de comunicación entre los diferentes dispositivos que integran la red inalámbrica.

Para el caso particular que nos ocupa, el modo de trabajo apropiado corresponde a un enlace de tipo punto-a-multipunto (PmP), similar a una topología de red en estrella, donde un dispositivo central (BS) proporciona conectividad a un número de terminales remotos (SS) dentro de una determinada área de cobertura, tal y como se puede apreciar en la figura 10. Este modo PmP se utiliza para reemplazar los accesos fijos a la red de datos, proporcionando conectividad a múltiples usuarios (dispositivos SS) a través de un mismo punto de acceso centralizado (BS, estación base). En este caso, las transmisiones del enlace ascendente, efectuadas por las estaciones de usuario (de SS a BS), tienen lugar a intervalos de tiempo separados bajo demanda, según la necesidad concreta de cada SS. Para el enlace descendente (de BS a SS), la estación base transmite ráfagas de paquetes de datos que reciben todas las estaciones de usuario ubicadas dentro del área de cobertura de la BS; posteriormente cada SS procesa únicamente los paquetes que a ella van destinados (omitiendo el resto).

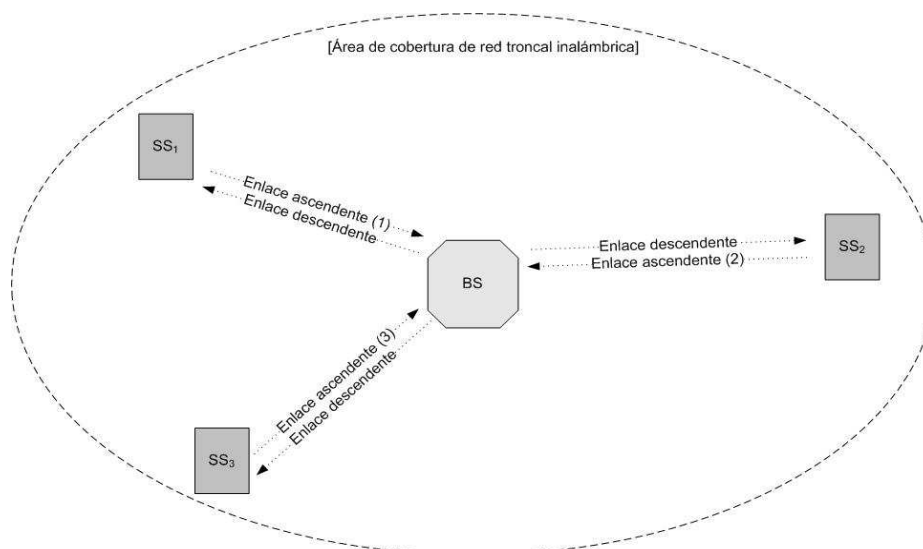


Figura 10. Modo punto-a-multipunto (PmP).

En su edición de 2004, IEEE 802.16-2004, WiMax contempla un modo de trabajo tipo *mesh* (multipunto-a-multipunto), organizado de forma ad-hoc, y que permite comunicación directa entre terminales remotos sin tener que establecer previamente comunicación con la estación base. Es decir, cada SS es capaz de establecer comunicaciones directas con otros SS sin tener que pasar por BS. Cabe destacar que en la última edición del estándar (IEEE 802.16-2009), se ha eliminado cualquier tipo de mención a las topologías *mesh*. Esto puede ser debido a varios factores, pero es muy relevante la circunstancia de que en este tipo de topologías las comunicaciones se producen directamente entre terminales de usuario, sin pasar por la estación base que es la encargada de gestionar el acceso al medio compartido; ello implica que esta comunicación no se encuentre regulada, haciendo un uso totalmente contrario a la filosofía de *QoS* que requiere siempre comunicaciones entre SS y BS. A modo de conclusión, cabe extraer que este tipo de topologías *mesh* es adecuado para servicios

que no requieran una estricta  $QoS$  (como la navegación web o el correo electrónico), pero es completamente desaconsejable para la prestación de servicios médicos a través de la red de datos inalámbrica.

### 6.1.5 Acceso al medio

En las redes de datos inalámbricas multiusuario, los usuarios del sistema tienen que compartir un canal de transmisión común. Por tanto, es necesario habilitar ciertas técnicas o mecanismos que permitan a los usuarios acceder al canal e identificar la señal que es propia de cada uno.

WiMax proporciona tres modos diferentes de acceso al medio: TDMA con portadora simple, TDMA con OFDM y OFDMA. Los dos primeros utilizan división en tiempo (TDMA) para permitir el acceso múltiple al medio. Para ello, la organización del acceso al enlace ascendente (de SS a BS) viene determinada por la estación base, que lo propaga a todos los terminales a través del enlace descendente. Al enlace descendente solo accede la estación base, por lo que no es necesario ningún mecanismo de control de acceso. Además, en la capa de control de acceso al medio se incorporan mecanismos necesarios para el acceso compartido al enlace ascendente, incluyendo mecanismos para resolución de colisiones.

Adicionalmente, la multiplexación de la información mediante OFDM permite solapar espectralmente múltiples portadoras moduladas ortogonalmente, hecho que impide la existencia de interferencias entre ellas. Además, OFDM ofrece un buen comportamiento ante retardos que se traduce en un buen funcionamiento frente a señales multitrayecto (por ejemplo en entornos NLOS).

El tercer método de acceso al medio propuesto por WiMax, OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), es una extensión de OFDM. Hay que considerar que en OFDM un único usuario puede transmitir sobre todas las portadoras en un instante determinado de tiempo, por lo que es necesario combinar esta técnica con técnicas de acceso múltiple por división en frecuencia o tiempo para poder soportar múltiples usuarios. Se puede observar en la figura 11, en donde las subportadoras de un mismo color representan un subcanal, como OFDMA permite que múltiples usuarios transmitan en diferentes subportadoras por cada símbolo OFDM.

OFDMA es el único método de acceso al medio disponible para IEEE 802.16e (WiMax “móvil”)

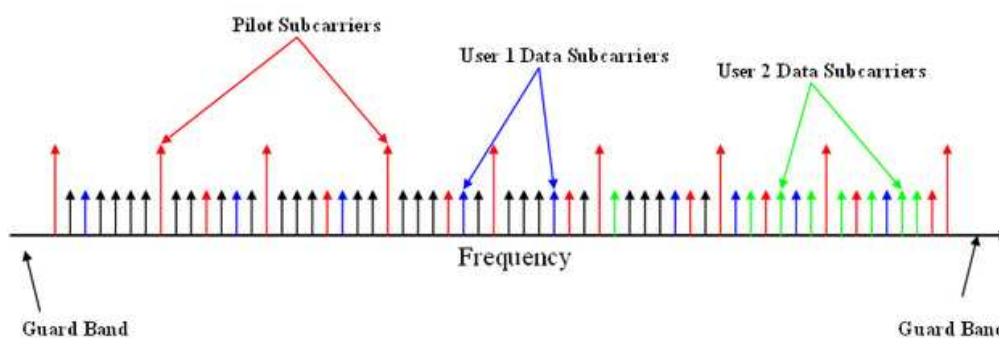


Figura 11: Acceso al medio OFDMA en WiMAX.

## 6.1.6 Capa MAC: control de acceso al medio y seguridad

El control de acceso al medio se compone de una serie de mecanismos y protocolos que permiten que varios usuarios puedan compartir un mismo medio de transmisión que cuenta con recursos limitados.

Este control de acceso al medio también se puede denominar como competencia por el canal o multiplexado, y los mecanismos que lo posibilitan recaen sobre la capa MAC (*Medium Access Control*). Esta capa determina el modo en que los usuarios pueden acceder a la red así como la forma en que los recursos disponibles son asignados a éstos.

El estándar IEEE 802.16-2004 y el IEEE 802.16e-2005 define, respecto al modelo OSI, las capas que se muestran a continuación en la figura 12.

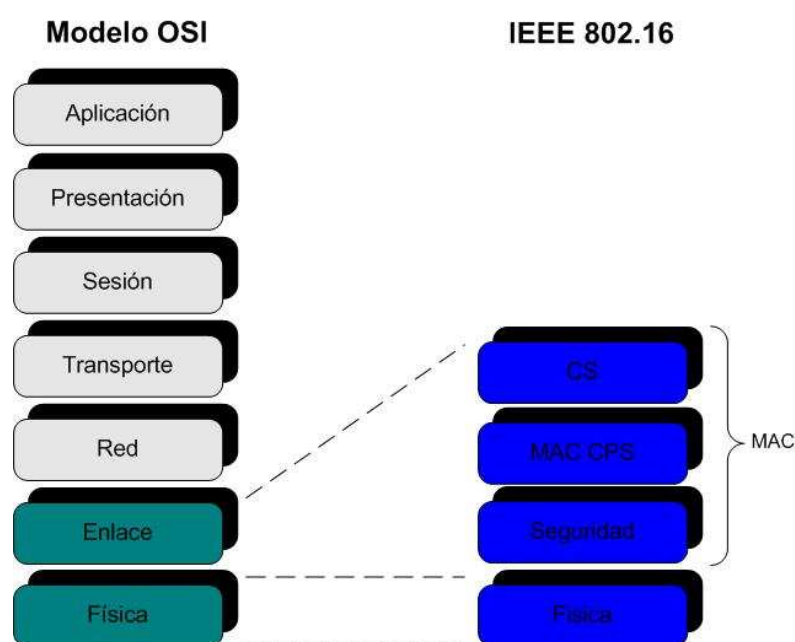


Figura 12: Capas del modelo OSI definidas por IEEE 802.16.

Como se puede observar, la capa MAC está dividida en tres subcapas:

- **CS** (*Service-Specific Convergence Sublayer*): Encargada de transformar los datos de las redes externas y pasarlos a la MAC CPS convertidos en “*service data units*” (SDU), que son las unidades de datos que se transfieren entre capas adyacentes. Se encuentra sobre la MAC CPS y utiliza los servicios proveídos por ésta.
- **MAC CPS** (*MAC Common Part Sublayer*): Es el núcleo de toda la capa MAC, y provee los servicios de acceso a la red, la asignación del ancho de banda, el establecimiento y el mantenimiento de la conexión.

En esta subcapa se prestan los servicios de planificación que representan los mecanismos de manipulación de datos soportados por el planificador de la MAC para la transmisión de los mismos en una conexión, cada una de las cuales está



asociada a un solo servicio de datos, el cual, a su vez, está asociado a unos parámetros de *QoS* que son quienes determinan su comportamiento.

Es posible desarrollar algoritmos de planificación propios para determinar los recursos que se deben asignar a cada usuario en cada subcanal, en función de los objetivos del mismo. En el ámbito de la telemedicina móvil, cabe destacar el estudio del algoritmo de asignación de subcanal realizado por Dusit Niyato, Ekram Hossain y Jeffrey Diamond que se presenta en el documento “IEEE 802.16/WiMAX-Based Broadband Wireless Acces and Its Application for Telemedicine/E-Health Services.”

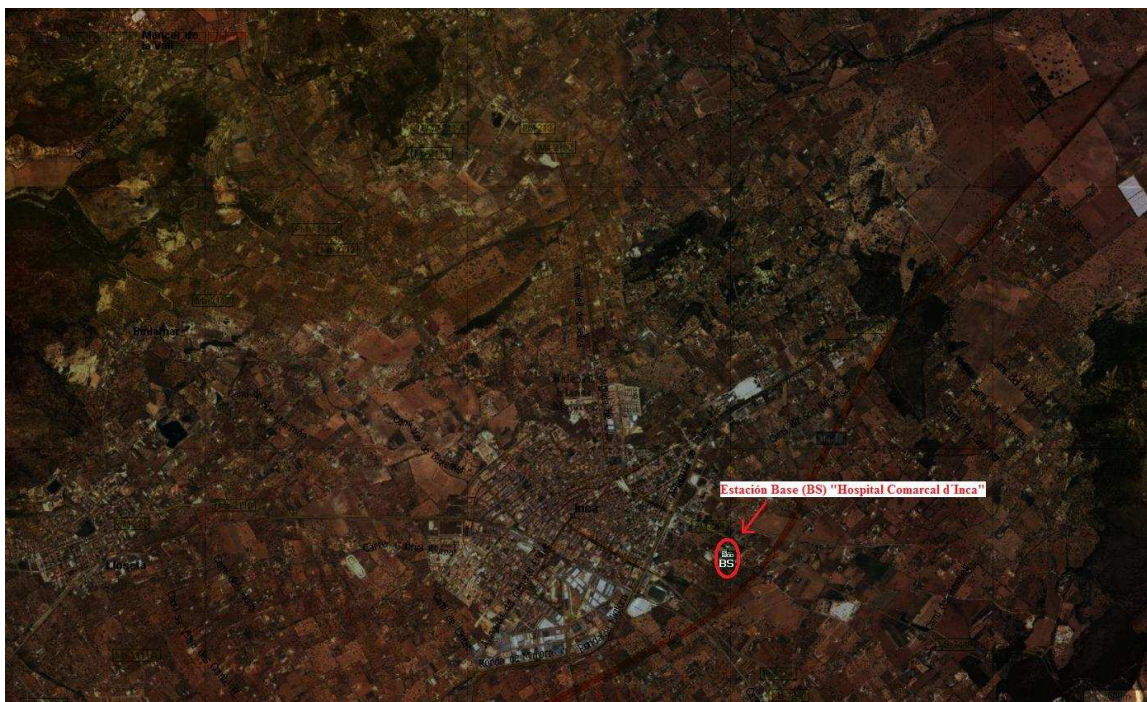
- **Seguridad (Security Sublayer):** Presta los servicios de autenticación, intercambio seguro de claves y cifrado de datos, mediante el uso de criptografía de clave pública, certificados *X.509* y algoritmos *Triple DES* o *AES*. Permite proveer a los usuarios de un servicio de banda ancha seguro mediante el cifrado de las conexiones, además este cifrado permite proteger la propia red contra conexiones no autorizadas.

## 6.2 Simulación de red troncal inalámbrica

Una vez conocida la tecnología de telecomunicaciones inalámbrica que se va a desplegar como red troncal para servicios de telemedicina móviles, IEEE 802.16e, se puede proceder a realizar una simulación de la implementación de la misma sobre el escenario de trabajo en el que se desarrolla el presente TFC.

Para realizar la simulación se ha utilizado el software Radio Mobile, versión 10.5.5. Se trata de un programa que permite simular la propagación de las señales radioeléctricas posibilitando, entre otras funciones, predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red inalámbrica. Este software trabaja con datos reales de elevación del terreno y, por tanto, considera la orografía propia del escenario de aplicación a la hora de realizar los cálculos de propagación. En el *Anexo A. Configuración y parámetros de la simulación* se detalla la configuración del sistema de radio simulado.

Recordemos que el escenario de trabajo del presente proyecto se desarrolla en la ciudad de Inca (Baleares). Tal y como se puede apreciar en la figura 13, la estación base WiMax (BS) se ubica en el *Hospital Comarcal d’Inca* (sito en “Carretera Vella de Llubí s/n”, C.P. 07300, Inca), en donde se supone la existencia de una infraestructura de red cableada como la expuesta en el apartado 5.1.3 *Arquitectura de red propuesta*, que a su vez permite la interconexión de ambas redes mediante las recomendaciones expuestas en el apartado 5.2 *Interconexión entre red cableada (LAN) y red troncal inalámbrica*. Para la instalación de la antena de la estación base, se considera la posibilidad de montarla sobre un mástil ya existente en la azotea del edificio, que permite instalar este dispositivo a una altura aproximada de 35 metros respecto al nivel del suelo.



**Figura 13. Ubicación de la estación base WiMax.**

Se han realizado varias simulaciones respecto al área de cobertura proporcionado por la estación base sobre la ciudad de Inca, teniendo en cuenta dos perfiles distintos de usuario.

### 6.2.1 Perfiles de usuario

En función de los servicios médicos que se pretendan prestar a través de la red troncal inalámbrica, se pueden definir una serie de perfiles de usuario con diferentes necesidades. Estas necesidades determinarán la infraestructura necesaria que dispondrá el usuario final, adecuándola a sus objetivos generales y proporcionando la conectividad necesaria a la red de datos inalámbrica.

Teniendo en cuenta la consideración anterior, se puede distinguir entre dos tipos de equipamiento de usuario (SS) con características diferentes, tanto a niveles físicos como de prestaciones. Este hecho propicia la necesidad de considerar los dos perfiles siguientes para realizar la simulación:

- 1.) **SS\_1:** corresponde a un dispositivo de usuario (SS), que podemos denominar como “portátil” ya que posee una interfaz de tipo USB que habilita una conexión directa a una PDA, ordenador portátil o dispositivo similar de procesamiento de datos que cuente con este tipo de interfaz.

Las características físicas de estos dispositivos de usuario (SS) imponen ciertas limitaciones, ya que normalmente éstos suelen disponer de pequeñas antenas integradas del tipo omnidireccional con poca ganancia, a lo que hay que añadir el handicap de que trabajan habitualmente a escasos metros respecto al nivel de la superficie (apenas 1,5 metros) o en espacios cerrados. Adicionalmente hay que considerar que tanto la potencia de transmisión como la sensibilidad son sensiblemente menores que en otros dispositivos de usuario “no portátiles”, que

cuentan con antenas externas y a su vez requieren de mayor suministro eléctrico. En la figura 14 se puede observar un ejemplo de este tipo de SS, que concretamente corresponde al dispositivo MiMAX USB – Mobile WiMAX Wave 2 USB Device, de Airspan.



Figura 14. Dispositivo portátil de usuario WiMax (SS), IEEE 802.16e.

En el ámbito de la telemedicina, este perfil concreto puede representar al de un médico que practica consultas a pacientes en el exterior de las instalaciones hospitalarias, pudiendo consultar a través de una PDA, conectada a su SS portátil, la Historia Clínica Electrónica del paciente.

2.) **SS\_ambulancia:** corresponde a un dispositivo de usuario (SS) que permite un acceso a la red de datos inalámbrica de manera más eficiente para el usuario pero en cierta medida menos flexible, ya que su equipamiento puede permitir movilidad (cumpliendo con el estándar 802.16e) a través del área de cobertura, pero no una portabilidad completa a nivel de usuario debido a las propias características físicas del dispositivo. Este tipo de dispositivos se componen habitualmente de dos unidades diferentes:

- ODU (Outdoor Unit): unidad de instalación en el exterior encargada de adaptar la señal al medio de transmisión. Este mismo dispositivo puede integrar la antena, cuyas características en cualquier caso permiten obtener una mayor eficiencia en la transmisión/recepción de la señal respecto a los dispositivos de usuario considerados para el perfil anterior.
- IDU (Indoor Unit): unidad de instalación en el interior que proporciona la interfaz de conexión a la red cableada, que en este caso suele ser Ethernet, y contiene el sistema de alimentación eléctrico (convertor AC/DC). Proporciona mejores valores de sensibilidad y potencia de transmisión que los SS “portátiles” considerados en el perfil anterior (cabe recordar que en cualquier caso la PIRE máxima debe ser de 1 W).

En la figura 15 se puede apreciar un ejemplo concreto de este tipo de SS, se trata del equipo BreezeMAX PRO 5000 CPE de Alvarion, en donde la antena está integrada en el propio ODU.



Figura 15. Dispositivo de usuario WiMax (SS) móvil, IEEE 802.16e.

En el ámbito de este proyecto, este perfil corresponde a una ambulancia que equipa en su interior una IDU, lo que permite la recepción de información médica, como puede ser la HCE de una paciente, o la transmisión de datos captados a través de los dispositivos médicos específicos instalados en el vehículo. La ODU se ubica sobre el techo de la ambulancia.

Este perfil, también puede considerarse óptimo para la prestación de servicios de telemonitorización a pacientes que se encuentran ubicados en el exterior de las instalaciones hospitalarias (por ejemplo, pacientes hospitalizados en su domicilio), ofreciendo de esta manera una infraestructura de red fácilmente adaptable al entorno según las necesidades temporales que se puedan presentar.

Hay que considerar que este tipo de equipos suelen utilizar antenas de tipo direccionales, por lo que para maximizar en la medida de lo posible el nivel de transmisión/recepción de la señal (ganancia proporcionada por la antena), la alineación entre esta antena y la de la estación base debe ser óptima.

En la práctica, el uso de antenas directivas en equipamientos de usuario que presentan movilidad a través del área de cobertura de la red inalámbrica, puede suponer un problema debido a la necesaria orientación entre la antena emisora y la receptora. Sobre este ámbito cabe destacar el estudio “*A wireless architecture for telemedicine*”, realizado por Martin Krohn, Heiko Kopp y Djamshid Tavangarian, en donde se propone una solución que optimiza la orientación de la antena del dispositivo móvil respecto a la estación base. Esta solución se basa en obtener información sobre la posición del usuario mediante un dispositivo GPS, junto a una brújula, y procesarla con respecto a la estación base, orientando finalmente mediante servomotores la antena del usuario hacia la dirección adecuada.

## 6.2.2 PIRE

Como ya se ha visto con anterioridad en la nota UN-128, trabajando en una frecuencia en torno a 5.470 MHz-5.725 MHz la potencia máxima radiada permitida es de 1 W PIRE, ya sea en el enlace descendente (de BS a SS) o en el enlace ascendente (de SS a BS).

La PIRE determina el nivel de potencia que se está enfocando hacia una determinada región de espacio, y está directamente relacionada con las características de la antena transmisora y la potencia suministrada por el transmisor a la entrada de la antena. Por tanto, se puede calcular la PIRE de forma sencilla conociendo los valores de potencia de transmisión ( $P_{Tx}$ ), pérdidas entre el módulo transmisor y la antena de transmisión (*atenuación*), y ganancia relativa de la antena ( $G$ ).

$$PIRE [dBm] = P_{Tx} [dBm] - \text{atenuación} [dB] + G [dBi]$$

En nuestro caso, considerando la limitación que provoca la nota UN-128, la PIRE máxima debe ser 1 W, que equivalen a 30 dBm.

### 6.2.3 Resultados de la simulación

La simulación recrea el despliegue de la red WiMax, mediante el software Radio Mobile, sobre el escenario de aplicación del proyecto. De esta manera se crea una red inalámbrica de tipo PmP en la cual se define una estación base y dos dispositivos de usuario con los perfiles descritos anteriormente, SS\_1 y SS\_ambulancia.

En el *Anexo A. Configuración y parámetros de la simulación* se detallan los parámetros y configuración del sistema de radio simulado.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la simulación respecto al área de cobertura de red que la estación base proporciona a los diferentes perfiles considerados.

#### 1- Área de cobertura de red inalámbrica para el perfil SS\_1.

Los parámetros del perfil considerado ofrecen una zona de cobertura en gran parte del núcleo urbano, que permite a los receptores trabajar en el escenario de aplicación del proyecto de forma habitual con potencias en recepción superiores a -90 dBm. Este hecho permite que se pueda utilizar generalmente, como mínimo, una modulación 16QAM.

En la figura 16, la elipse de color azul delimita de forma aproximada el extrarradio de la ciudad de Inca. Cabe destacar la existencia de una zona de “sombra”, que aparece resaltada mediante la elipse discontinua de color amarillo.

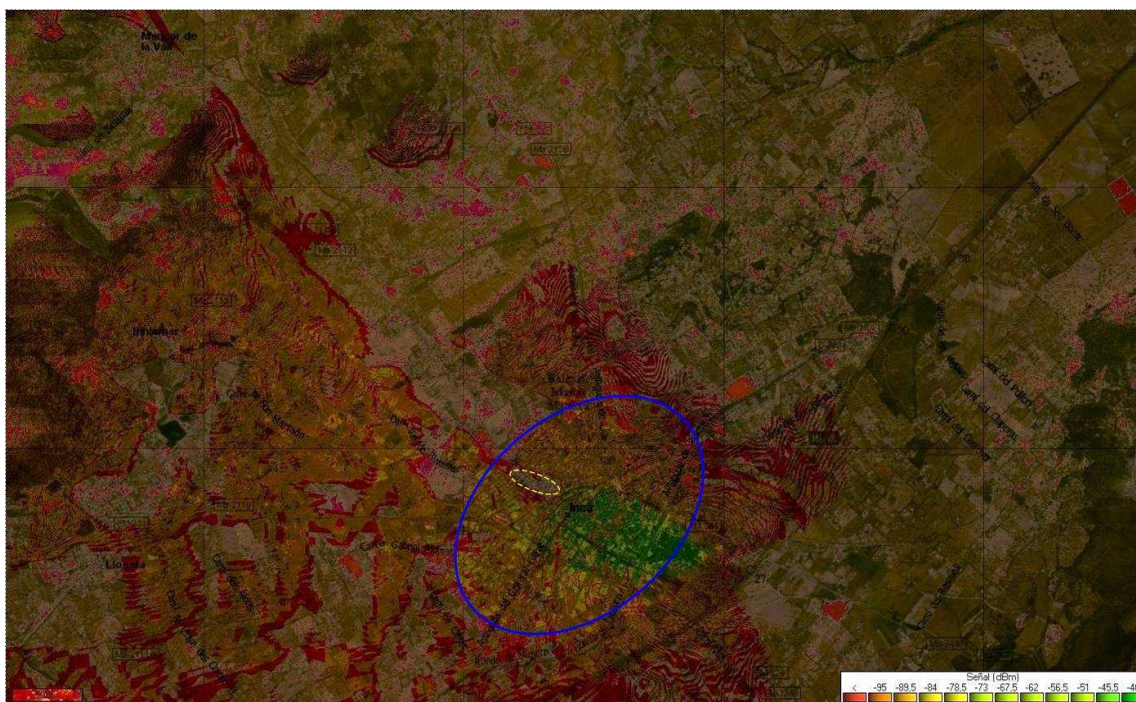


Figura 16. Cobertura de red troncal inalámbrica para perfil SS\_1.

Para concretar un poco más sobre la zona de sombra detectada, en la que no existe cobertura de red en el interior del núcleo urbano, se procede a situar el dispositivo

de usuario WiMax (SS\_1) en el interior de la misma, tal y como se observa a continuación en la figura 17.



Figura 17. Dispositivo SS\_1 en zona de sombra.

Mediante la herramienta “Enlace de Radio” disponible en Radio Mobile, se puede comprobar como esta zona de sombra está provocada por la orografía del terreno, y condicionada adicionalmente por las características del perfil de usuario considerado.

En la figura 18 se pueden apreciar las características del enlace de radio descendente en el interior de esta zona en la que no existe cobertura de red, en donde se observa cómo el nivel de recepción de la señal es 18,6 dBm inferior a la sensibilidad requerida por el receptor (dispositivo de usuario). Igualmente, en la figura 19 se muestran las características del enlace de radio ascendente, en este caso, el nivel de recepción de la señal está 15,6 dBm por debajo de la sensibilidad requerida por el dispositivo receptor (estación base).

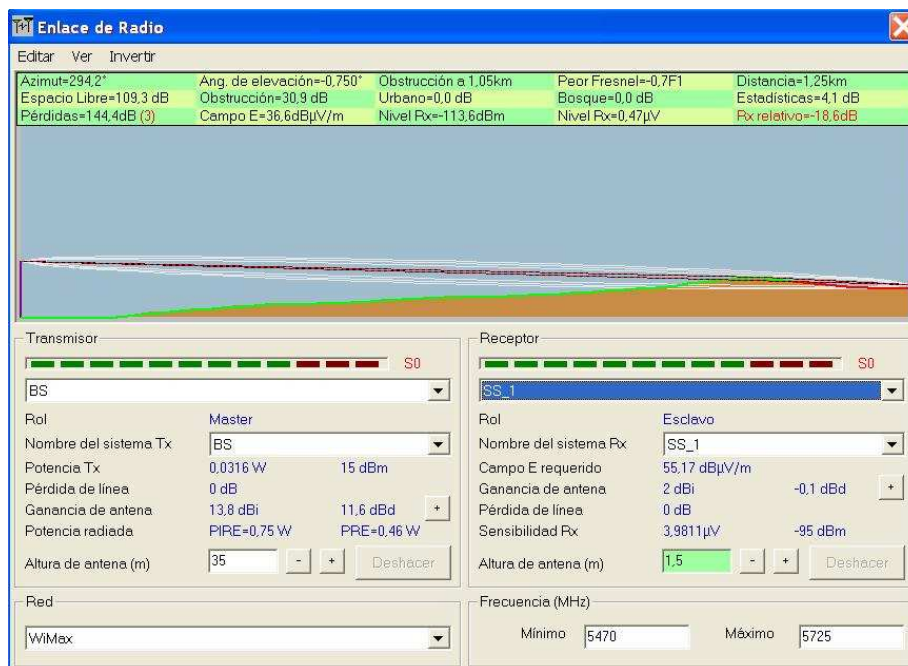


Figura 18. Enlace de radio descendente en zona de sombra para perfil SS\_1.

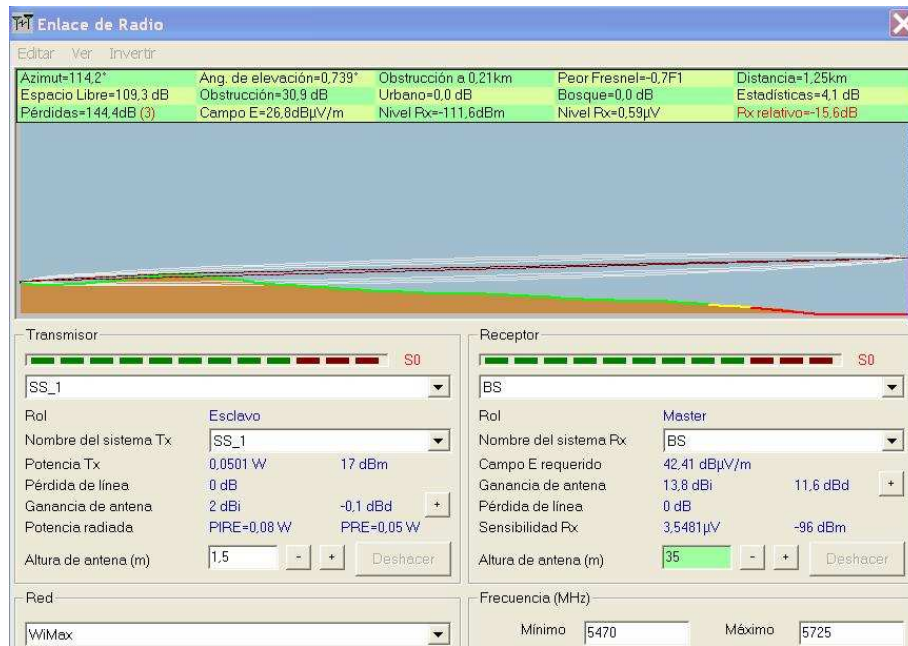


Figura 19. Enlace de radio ascendente en zona de sombra para perfil SS\_1.

## 2- Área de cobertura de red inalámbrica para el perfil SS\_ambulancia

La simulación de cobertura de red para el perfil SS\_ambulancia ofrece un mejor resultado que para el perfil anterior. Se mejoran los niveles de recepción en el interior del núcleo urbano, obteniendo habitualmente potencias en recepción superiores a -80 dBm, lo que permite utilizar modulaciones 64 QAM. Así mismo, aumenta considerablemente la zona de movilidad disponible para ofrecer servicios de telemedicina sobre el escenario de aplicación. La figura 20 muestra los resultados obtenidos en la simulación. Nuevamente, la elipse de color azul delimita de forma aproximada el extrarradio de la zona urbana.

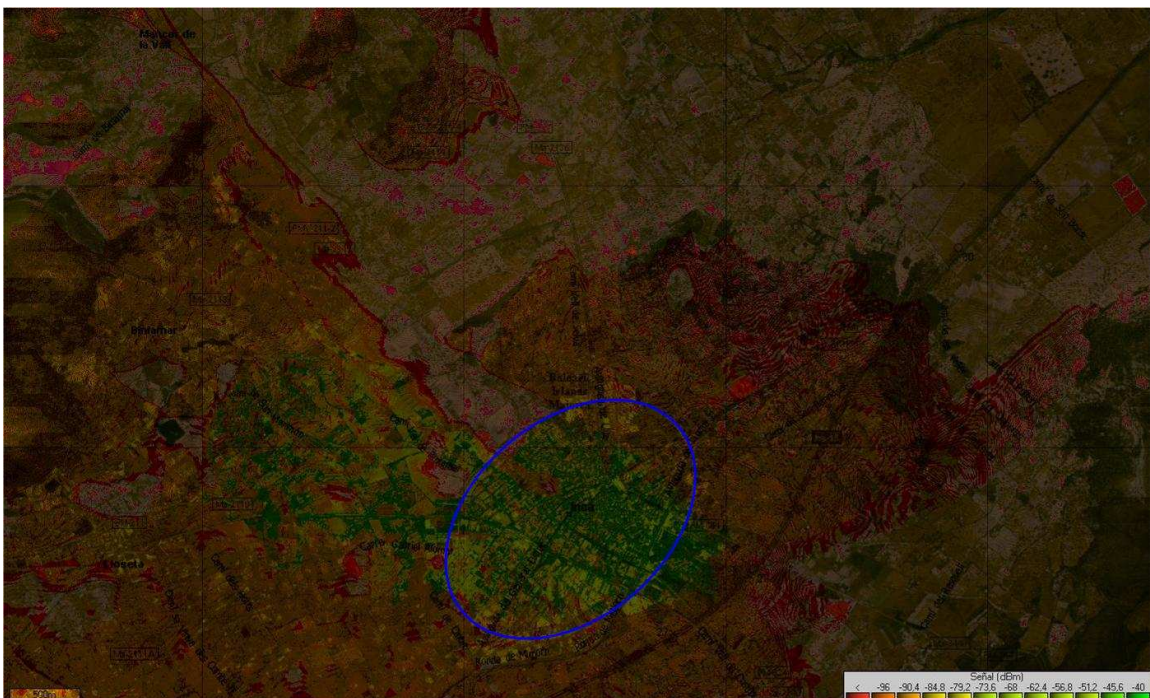


Figura 20. Cobertura de red troncal inalámbrica para perfil SS\_ambulancia.

Se observa como la zona de sombra detectada con el perfil anterior se ha reducido drásticamente, aunque no ha desaparecido del todo. A continuación en la figura 21, y como se ha procedido anteriormente, se sitúa el dispositivo de usuario WiMax (SS\_ambulancia) en el interior de la zona de sombra.



Figura 21. Dispositivo SS\_ambulancia en zona de sombra.

Finalmente se muestran las características del enlace de radio resultantes en la zona exenta de cobertura de red, en el enlace descendente (figura 22) y ascendente (figura 23).

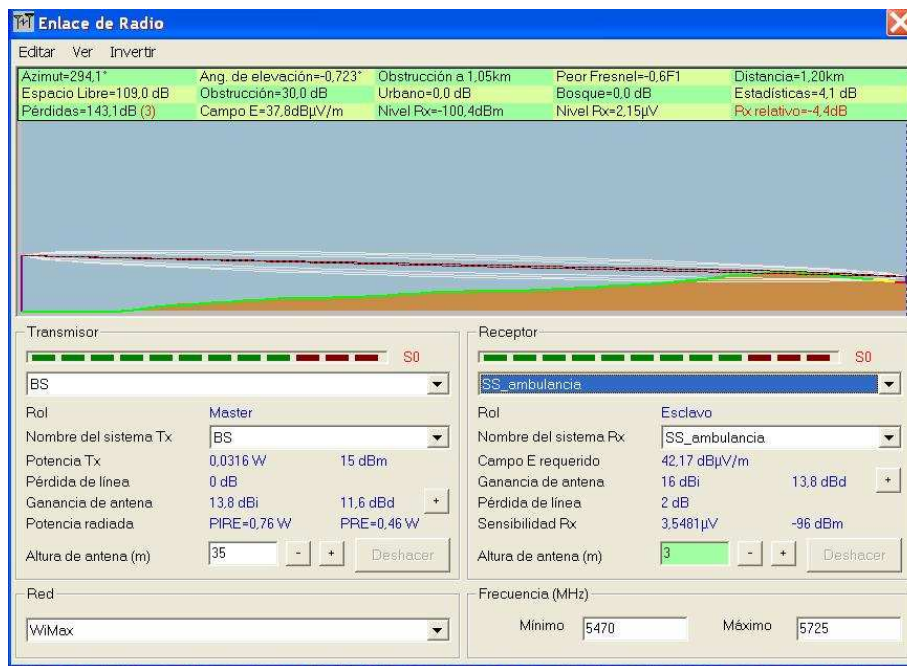


Figura 22. Enlace de radio descendente en zona de sombra para perfil SS\_ambulancia.



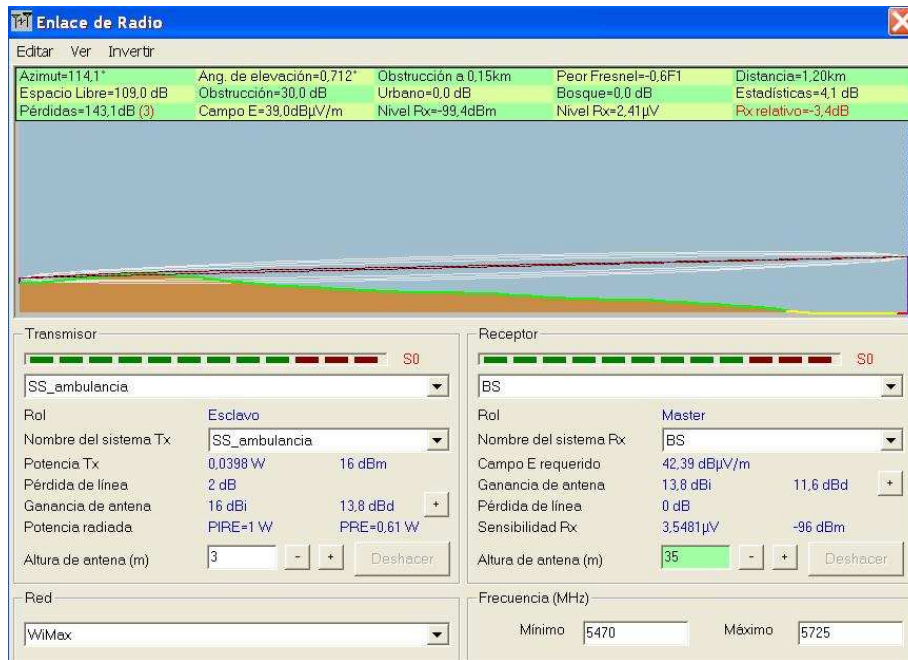


Figura 23. Enlace de radio ascendente en zona de sombra para perfil SS\_ambulancia.

En ambos casos se observa cómo se mejoran los resultados obtenidos respecto al perfil anterior, aunque igualmente siguen estando por debajo del nivel de recepción aceptable. Concretamente en el enlace descendente, la señal recibida por el dispositivo de usuario se sitúa 4,4 dBm por debajo del umbral mínimo de recepción. Así mismo, en el enlace ascendente es necesario que la estación base reciba 3,4 dBm más para poder prestar servicios de red a los dispositivos de usuario ubicados en esta zona.

## Capítulo 7. Integración de servicios e interconexión de equipamiento de usuario en la red troncal

El estándar WiMax permite proporcionar una infraestructura de red troncal inalámbrica, cuyas características técnicas satisfacen genéricamente las necesidades básicas de movilidad, seguridad, calidad de servicio (*QoS*), ancho de banda y disponibilidad de acceso al medio de transmisión (por múltiples usuarios simultáneamente), que requieren las redes telemáticas para servicios de telemedicina móviles.

Así, esta tecnología posibilita cierta interoperabilidad entre la infraestructura de telecomunicaciones, red troncal inalámbrica, y los servicios médicos/sanitarios que se desean prestar a través de la misma. A su vez, estos servicios son accesibles para el usuario mediante un equipamiento concreto, disponible por él mismo, y que permite esa finalidad.

### 7.1 Integración de servicios

La red troncal inalámbrica permite ofrecer múltiples servicios, ya sean de tipo genérico o específicamente médicos/sanitarios. Igualmente, en muchas ocasiones y condicionados por la propia naturaleza de la información, estos servicios requieren la transmisión de los datos a través de la red con unos parámetros concretos de fiabilidad y eficiencia (véase capítulo 3, *Tráfico de datos*). Centrándonos únicamente en los servicios médicos/sanitarios, WiMax proporciona un mecanismo de *QoS* que garantiza ciertos parámetros de los datos a transmitir, hecho que a su vez permite que este tipo de servicios puedan ser efectivos a través de la red troncal inalámbrica. Este mecanismo permite, entre otros, definir el ancho de banda asignado en función de los parámetros de *QoS* asociados a una conexión, diferenciando cuatro niveles de servicio, en los que se aprecia cierta correspondencia respecto a la naturaleza y características de algunos datos susceptibles de ser transmitidos para la prestación de servicios médicos/sanitarios.

Por tanto, a la hora de integrar los servicios en la red troncal inalámbrica, se deben considerar los diferentes niveles de *QoS* soportados por WiMax, de tal manera que se pueda proporcionar a los datos, en el momento de su transmisión, la fiabilidad y eficiencia requerida por la naturaleza de los mismos. De esta manera, se puede asignar la siguiente política de calidad de servicio al tráfico de datos destinado a ofrecer servicios médicos/sanitarios a través de la red troncal inalámbrica:

- a -) **UGS**: este nivel de calidad de servicio soporta tráfico de datos cuya naturaleza es en tiempo real, proporcionando tasas constantes de transmisión de datos (CBR), en intervalos regulares de tiempo, sin la necesidad de realizar peticiones o sondeos (figura 24).

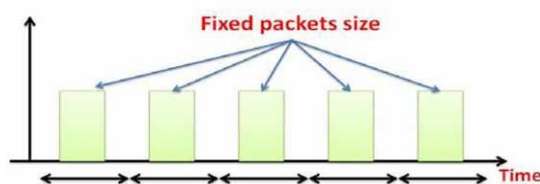


Figura 24. Calidad de servicio UGS: servicios de telemetría biomédica.

Las características de este tipo de servicio hacen que sea adecuado para soportar la transmisión de datos correspondientes a servicios de telemetría biomédica como los expuestos en “Tabla 1. Ejemplos de datos de telemetría biomédica”.

- b -) **rtPS**: soporta tráfico de datos con tasas de bit variable (VBR). En este tipo de servicio, la estación base permite que los usuarios (SS) realicen peticiones periódicas indicando el ancho de banda requerido para la transmisión de datos (figura 25).

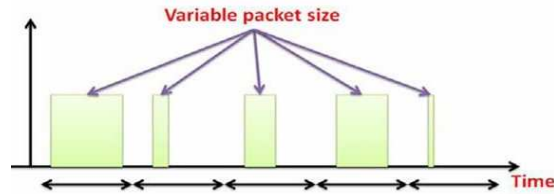


Figura 25. Calidad de servicio rtPS: servicios de audio y video.

Este nivel de calidad de servicio es apropiado para servicios relacionados con la transmisión de datos de audio y video, como los que se recogen en la “Tabla 2. Ejemplos de datos de audio y video”.

- c -) **nrtPS**: este nivel de QoS está diseñado para soportar tráfico de datos con tasas de bit variable, como en el caso anterior, pero tolerantes al retardo (figura 26).

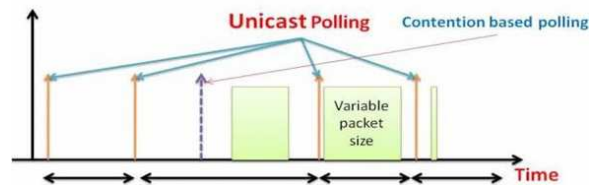


Figura 26. Calidad de servicio nrtPS: servicios de transferencia de ficheros.

La tolerancia al retardo que permite este nivel de QoS, hace que sea adecuado para la prestación de servicios de datos tipo fichero, como los que se exponen en “Tabla 3. Ejemplos de datos tipo fichero”, a través de la red inalámbrica.

Adicionalmente, IEEE 802.16e añade un nuevo tipo de servicio denominado ErtPS (Extended rtPS). Este servicio proporciona un algoritmo de planificación que se basa en la eficiencia tanto de UGS como de rtPS. De forma similar a UGS, este tipo de servicio ofrece concesiones unidireccionales no solicitadas. Sin embargo, el tamaño del ancho de banda asignado es dinámico (en contraposición a UGS, en donde el tamaño es fijo). El propósito de este nivel de QoS es soportar flujos de servicios en tiempo real que generan periódicamente paquetes de datos de tamaño variable. Un ejemplo de aplicación que puede requerir de este nivel de QoS es la transmisión de voz con cancelación de eco.

Cabe destacar que el estándar permite la activación de flujos de servicio de forma dinámica mediante funciones de señalización de la QoS requerida por cada aplicación.

## 7.2 Interconexión con equipamiento de usuario

Hasta el momento se han tratado los términos datos e información de manera indistinta e indiscriminada, aunque el significado de ambos es sustancialmente distinto. Para hacer una diferenciación de forma sencilla, se puede considerar:

- **Datos:** registro de sucesos que describen hechos, condiciones, situaciones o valores. La importancia de los datos radica en la capacidad que éstos tienen para asociarse dentro de un contexto y convertirse en información, ya que por sí mismos no tienen la habilidad de comunicar significado alguno para el usuario.
- **Información:** procesamiento de un conjunto determinado de datos, de tal manera que éstos tengan algún sentido para el usuario.

Esta diferenciación se debe considerar en el momento de definir la interconexión del equipamiento de usuario, sea genérico o específicamente médico/sanitario, con la red troncal inalámbrica, ya que ésta únicamente tiene la capacidad de proporcionar un determinado medio de transporte para los datos. Se entiende como equipamiento genérico cualquier dispositivo que pueda ofrecer servicios de tratamiento de datos a nivel de capa de red y/o a nivel de capa de aplicación (respecto al modelo de referencia OSI), no teniendo que ser un dispositivo específicamente destinado al sector médico/sanitario. El equipamiento de usuario, como se aprecia en la figura 27, se divide básicamente en dos dispositivos diferentes:

- **SS:** permite al usuario transmitir y recibir los datos a través de la red troncal inalámbrica, interconectando el dispositivo de tratamiento de datos del usuario a la red troncal. Representa la frontera entre la red troncal inalámbrica y el equipamiento de usuario, y permite la adaptación de los datos a dos medios de transmisión distintos (cuyas capas física y de enlace cumplen con especificaciones diferentes) mediante protocolo IP en la capa de red.
- **Dispositivo de tratamiento de datos:** procesa los datos que proceden de la red troncal inalámbrica, presentando información al usuario, o en su defecto, transmite los datos que tienen origen en el usuario. Este dispositivo puede estar constituido por uno o varios equipos diferentes que, en su conjunto, deben ser capaces de tratar por un extremo los datos a nivel de la capa de red, proporcionando interconexión con el SS, y por el otro extremo tratar los datos a nivel de la capa de aplicación, permitiendo la interacción del usuario con el sistema.

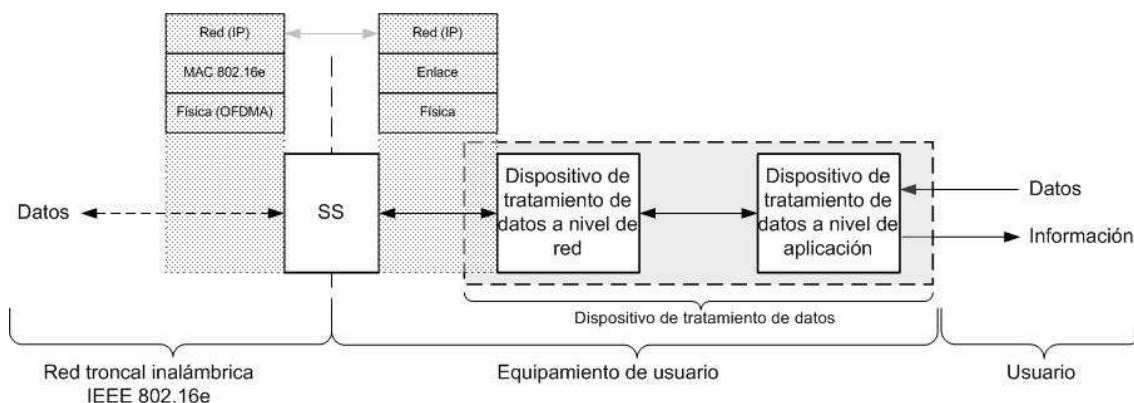


Figura 27. Interconexión con equipamiento de usuario.

Es importante destacar que el usuario no suele interactuar directamente con el nivel de aplicación. Normalmente interactúa con un software, que permite el tratamiento de datos, y que a su vez interactúa con el nivel de aplicación ocultando la complejidad subyacente.

## Capítulo 8. Convergencia de tecnologías de comunicación inalámbrica

Como ya se ha comentado en el capítulo 2, apartado 2.2, el escenario del proyecto permite identificar diferentes niveles de movilidad en función de unas necesidades concretas. Esta disparidad de necesidades propone el uso de diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica, convergiendo de esta manera en un mismo escenario de aplicación varias soluciones tecnológicas cuya finalidad es la de ofrecer servicios relacionados con la prestación de asistencia sanitaria.

La red troncal definida en el capítulo 6 (*Infraestructura de red troncal inalámbrica*), permite satisfacer las necesidades provocadas por la movilidad requerida en el exterior de las instalaciones hospitalarias, ofreciendo una red que se puede catalogar, según el ámbito del presente proyecto, como de largo alcance.

En el presente apartado se pretende introducir diferentes tecnologías que pueden ser de aplicación en entornos sanitarios, e incluso integrarse a su vez con los servicios ofrecidos por la red troncal inalámbrica, en función de los diferentes requisitos de movilidad detectados.

Aunque previamente, y debido a la naturaleza sensible del escenario de aplicación, hay que considerar una serie de aspectos relacionados con la radiación de diferentes campos electromagnéticos (que puede ser voluntaria o involuntaria) por los dispositivos electrónicos. Esta consideración, que se expone a continuación, debe ser tomada en cuenta a la hora de implementar cualquier tecnología de comunicación inalámbrica en un entorno sanitario, ya sea de corto, medio o largo alcance.

### 8.1 Compatibilidad electromagnética e interferencias

En los entornos sanitarios existe una gran diversidad de equipamiento electrónico que se utiliza para la prestación de servicios médicos/sanitarios, servicios que por otra parte, y debido a su naturaleza relacionada con la salud de los pacientes, implican ciertas consideraciones de seguridad respecto al correcto funcionamiento global del equipamiento en este tipo de entornos.

Estas características peculiares, provocan que la compatibilidad electromagnética (EMC) del equipamiento deba ser causa de preocupación y estudio en los entornos sanitarios en donde se pretende extender los servicios ofrecidos a través de dispositivos de radiofrecuencia. Generalmente, el análisis de EMC incluye la problemática de generación, propagación, influencia sobre otros equipos electrónicos y medidas de corrección de interferencias electromagnéticas (EMI).

Para considerar cierta compatibilidad electromagnética entre equipos, se deben tener en cuenta dos factores:

1. Nivel de perturbación de las interferencias del generador.
2. Susceptibilidad del receptor (EMS).

Es decir, se debe considerar la existencia de un dispositivo que provoca interferencias electromagnéticas y la existencia de otros dispositivos susceptibles a esas interferencias. Por tanto, resulta prácticamente imposible hablar de susceptibilidad, inmunidad (término opuesto a susceptibilidad) o medidas de protección en términos generales, sin referirse a equipos o dispositivos en concreto, ya que cada uno de ellos tendrá un comportamiento distinto frente a las interferencias electromagnéticas.

En general la inmunidad se obtiene a partir de medidas preventivas o correctivas, y siempre se exige cierto nivel específico de inmunidad para un tipo dado de perturbación electromagnética.

Además de la compatibilidad electromagnética con otros equipos, debe prestarse especial atención a las interferencias radioeléctricas entre equipos de radiofrecuencia, entendiéndose como tal la degradación de la recepción de la señal útil causada por una perturbación radioeléctrica. En este aspecto, el presente proyecto se encuentra especialmente condicionado por la utilización de frecuencias de uso común (sin licenciar) del espacio radioeléctrico.

## 8.2 Tecnologías de comunicación inalámbrica de alcance medio

Este tipo de soluciones debe permitir la conectividad y movilidad del usuario en un área determinada, cuya zona de cobertura es menor que la proporcionada por la red troncal inalámbrica.

Respecto a la red troncal inalámbrica, estas redes de alcance medio tienen que cumplir con unos requisitos similares de seguridad y calidad de servicio, aunque debido a que se trata de redes que en sí mismas no son prioritarias, el ancho de banda ofrecido y la eficiencia de acceso al medio de transmisión puede ser menor. Este hecho no representa un handicap a la hora de ofrecer las funcionalidades requeridas, ya que el acceso a este tipo de redes puede estar restringido a uno o varios usuarios determinados, según el cometido concreto de la misma.

Una tecnología de aplicación en este ámbito es el estándar IEEE 802.11 (WiFi), que puede ser implementado tanto en el interior como en el exterior de las instalaciones hospitalarias, siendo una solución de bajo coste en relación a la red troncal.

- Interior de instalaciones hospitalarias: proporciona a los usuarios un acceso a la red de datos cableada en una determinada zona de cobertura. A su vez permite que otros equipamientos no específicos del sector sanitario puedan ser implementados con facilidad en la red de datos, como por ejemplo, los dispositivos de videovigilancia.
- Exterior de instalaciones hospitalarias: la implementación de este tipo de redes en una ambulancia que ya cuente con equipamiento de acceso a la red troncal (como el perfil *SS\_ambulancia* considerado en la simulación de red troncal), permite ampliar el radio de cobertura ofrecido por la misma y proporcionar una movilidad y portabilidad añadida al equipamiento disponible en el vehículo. Esta solución permite monitorizar u atender a un paciente en el lugar exacto en donde éste sufra su dolencia.

## 8.3 Tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance

El reducido alcance de cobertura proporcionado por este tipo de redes, provoca que su implementación esté limitada a ciertos entornos controlados, supuestamente no hostiles. Por este motivo, el nivel de seguridad requerido para la transmisión de los datos es menor que en los casos anteriormente expuestos. Así mismo, sus características de transmisión, hacen que este tipo de redes estén orientadas a ofrecer servicios respecto a un único usuario u objeto, dedicándose a una función concreta.

Las características propias de este tipo de redes posibilitan su uso en la monitorización de pacientes, ofreciendo servicios de telemetría biomédica sin la necesidad de conexión física del usuario con los dispositivos médicos, ya que los terminales inalámbricos permiten recoger ciertos parámetros del paciente y transmitirlos a dispositivos de monitorización de parámetros biológicos, que a su vez pueden conectarse directamente a la red datos cableada u a otra red inalámbrica, permitiendo de esta manera la monitorización remota del paciente. Este tipo de soluciones proporciona cierta movilidad al paciente, evidentemente limitada por la zona de cobertura del enlace inalámbrico.

Actualmente existen varias tecnologías que permiten implementar redes de corto alcance; sus características básicas son las siguientes:

- **RFID**: se utiliza habitualmente en la identificación de objetos a distancia, sin necesidad de contacto físico. Su alcance depende de la frecuencia de trabajo, ya que puede operar en 125 KHz (alcance de unos pocos centímetros), 13 MHz (alcance de varios metros) y 960 MHz - 2,4 GHz (alcance de hasta 30 metros). Su tasa de transmisión de datos puede variar entre 0,12 kbps y 25 kbps, y el dispositivo terminal del usuario puede ser pasivo, sin alimentación propia ya que utiliza corriente inducida, o activo (alimentado con su propia batería). En un entorno hospitalario, el uso de esta tecnología puede ser útil para identificar y localizar a un paciente en el interior de las instalaciones.
- **Bluetooth (IEEE 802.15.1)**: es un estándar orientado a la movilidad y a la reducción de cables durante la transmisión de datos. Trabaja en una frecuencia de 2,4 GHz y permite tasas de transmisión de datos de hasta 3 Mbps (versión 2.0+). Su alcance de cobertura de red puede variar entre 10 y 100 metros, siendo típicos valores de 30 metros de alcance medio. Trabaja con una arquitectura de red tipo maestro-esclavo.
- **UWB (IEEE 802.15.3a)**: trabaja en frecuencias de 3 GHz a 10 GHz, proporcionando velocidades entre 100 Mbps y 2 Gbps, aunque su alcance se encuentra limitado a poco más de 10 metros.
- **ZigBee (IEEE 802.15.4)**: estándar muy similar a Bluetooth, pero con menores prestaciones ya que su tasa de transferencia de datos oscila entre 20 kbps y 250 kbps. Se trata de una tecnología orientada al control remoto de dispositivos u aplicaciones, y su alcance no suele ser superior a 20 metros. Trabaja con una topología de red tipo malla (*mesh*) y propone un mecanismo de ahorro de potencia basado en la transmisión de los datos durante determinados intervalos de tiempo preestablecidos, lo que reduce el consumo de batería.



Es importante destacar que la implementación de este tipo de redes requiere una adaptación específica en cada enclave de la tecnología utilizada, siempre en función de los servicios que se desean prestar.

Adicionalmente, la implantación de un sistema de telemetría médica supone un análisis detallado de las opciones disponibles, considerando la necesidad de protección que requiere la naturaleza de este tipo de servicios respecto a perturbaciones radioeléctricas procedentes de otros dispositivos.

## Capítulo 9. Valoración económica

La exitosa implementación en una organización de una nueva tecnología de comunicaciones, como la expuesta para la red troncal inalámbrica en el presente proyecto, tiene asociados unos costes adicionales al propio despliegue de la red.

A continuación, y considerando las condiciones expuestas en la simulación de red, se presentan los principales factores de coste derivados de la implementación de esta red troncal para servicios de telemedicina móviles, acotados de alguna manera entorno a las siguientes categorías:

- Equipamiento de red troncal inalámbrica:
  - Dispositivo de interconexión de redes (*firewall*, FW\_3)
  - Cableado UTP para interconexión de redes.
  - Estación base WiMax (BS)
  - Dispositivos de usuario para acceso a red WiMax (SS)
- Dispositivos de usuario para el tratamiento de datos:
  - Equipamiento de usuario para el tratamiento de datos. Puede ser muy diverso: desde dispositivos genéricos (PDA, ordenador, router, bluetooth...) a dispositivos específicos del sector médico/sanitario (por ejemplo el dispositivo MobiMed de Ortivus).
- Despliegue de elementos de red, configuración de estación base, dispositivos de usuario y pruebas
- Alimentación eléctrica estación base WiMax
  - Dispositivo SAI.
  - Consumo anual de suministro eléctrico.
- Adaptación de la infraestructura disponible al equipamiento necesario de red troncal (requerido por el perfil SS\_ambulancia).
  - Adaptación de suministro eléctrico.
  - Adaptación física de los dispositivos al entorno de trabajo (por ejemplo mediante soportes tipo *dock station*).
- Mantenimiento de la infraestructura desplegada.
- Formación de los usuarios en las nuevas funcionalidades y posibilidades que ofrece la red troncal inalámbrica, así como de su correcto uso.
- Software de gestión hospitalaria y de tratamiento de datos médicos/sanitarios.

- Equipamiento médico específico (por ejemplo: ECG Phillips con interfaz Bluetooth )

Evidentemente algunos de estos costes son muy difíciles de cuantificar, ya que pueden estar condicionados por factores comerciales, relaciones contractuales entre las diferentes organizaciones, características propias del equipamiento médico disponible u otros.

## 9.1 Coste aproximado de la red troncal inalámbrica

A continuación se detalla el coste del equipamiento correspondiente a la red troncal inalámbrica. Las características técnicas de los dispositivos propuestos permiten satisfacer los requisitos detectados.

Dispositivo de interconexión de redes ( <i>firewall</i> , FW_3)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Modelo:</b> 3COM OfficeConnect Gigabit VPN Firewall               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Precio: 340,55 € (IVA Incluido)</li> </ul> </li> </ul> <p>[Precio proporcionado por <a href="http://www.almacen-informatico.com/">http://www.almacen-informatico.com/</a>]</p>
El dispositivo seleccionado, además del filtrado de paquetes, soporta QoS, VPN e IPsec.

Cableado UTP para interconexión de redes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Descripción:</b> cable UTP 30 metros categoría 5e, RJ45. Interconexión de dispositivos firewall (FW_2 y FW_3).               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Precio: 19,95 € (IVA incluido)</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Descripción:</b> cable UTP 50 metros categoría 5e, RJ45. Interconexión entre firewall (FW_3) y estación base.               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Precio: Precio: 29,95 € (IVA incluido)</li> </ul> </li> </ul> <p>[Precios proporcionados por <a href="http://www.sateliteyconsolas.com/">http://www.sateliteyconsolas.com/</a>]</p>

Estación base WiMax (BS)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Modelo:</b> Alvarion BreezeMAX Extreme 5000 BS               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Precio: 8.995 \$</li> <li>▪ Precio al cambio (24/05/2010 → 1,249 euro/dolar): 7.201,76 € + 16% IVA= 8.354, 04 €</li> </ul> </li> </ul> <p>[Precio proporcionado por <a href="http://www.moonblinkwifi.com/">http://www.moonblinkwifi.com/</a>]</p>

**Dispositivos de usuario para acceso a red WiMax (SS)**

- **Perfil SS\_ambulancia**
  - **Modelo:** Alvarion BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000
    - Precio: 855 \$
    - Precio al cambio (24/05/2010 → 1,249 euro/dolar): 684,55 € + 16% IVA= 794,07 €

[Precio proporcionado por <http://www.moonblinkwifi.com/>]

- **Perfil SS\_1**
  - **Modelo:** Airspan MiMAX USB – Mobile WiMAX Device
    - Precio: 495 \$
    - Precio al cambio (24/05/2010 → 1,249 euro/dolar): 396,32 € + 16% IVA= 459,73 €

[Precio proporcionado por <http://www.eyewimax.com/>]

Estos precios no incluyen los costes debidos al suministro del equipamiento en el escenario de aplicación del proyecto.

Finalmente, como se puede apreciar en la Tabla 6, el coste asociado al equipamiento de red troncal WiMax asciende a:

3COM OfficeConnect Gigabit VPN Firewall	340,55 €
Cable UTP 30 metros categoría 5e, RJ45	19,95 €
Cable UTP 50 metros categoría 5e, RJ45	29,95 €
Alvarion BreezeMAX Extreme 5000 BS	8.354,04 €
Alvarion BreezeMAX Extreme CPE PRO 5000	794,07 €
Airspan MiMAX USB – Mobile WiMAX Device	459,73 €
<b>Total (IVA incluido)</b>	<b>9.998,29 €</b>

**Tabla 6. Coste del equipamiento de la red troncal WiMax.**

## Capítulo 10. Conclusiones

El buen funcionamiento y la eficiencia de una red de telemedicina dependen de la correcta planificación técnica inicial de los recursos. Si además la red es inalámbrica, algunos aspectos como la fiabilidad o disponibilidad de los servicios prestados, así como la seguridad de los datos transmitidos, cobran especial relevancia debido al uso de un medio de transmisión hostil que proporciona información y servicios de naturaleza confidencial y sensible.

Así mismo, el diseño e integración de esta red inalámbrica debe satisfacer los requisitos fijados por las leyes que regulan el tratamiento de este tipo de datos, siendo también de obligación para el administrador de la red, y del responsable del fichero de datos, la verificación periódica del cumplimiento de estos apartados, adaptando, en caso necesario, la configuración del sistema a los requisitos obligados. En el aspecto legal, también deben controlarse los parámetros de transmisión regulados por el CNAF para el uso de frecuencias no licenciadas (de uso libre o común). Es importante destacar que, si bien el uso de estas frecuencias no se presenta como una solución idónea para la naturaleza de este tipo de redes (ya que puede afectar a la disponibilidad o fiabilidad de las mismas), ésta era una de las principales limitaciones que presentaba inicialmente el presente proyecto.

La tecnología WiMax se muestra como una solución adecuada para la implementación de una red troncal de telemedicina móvil, ya que permite cumplir con los requisitos de fiabilidad en la transmisión, disponibilidad de los servicios por múltiples usuarios simultáneamente y, además, proporciona seguridad en forma de confidencialidad e integridad de los datos transmitidos. Este estándar, basado en el protocolo IP, permite una fácil integración con otros sistemas de telecomunicaciones, ofreciendo de esta manera una solución relativamente sencilla para interconectar dispositivos con diferentes tecnologías y ampliar los servicios ofrecidos. En este aspecto, son varias las tecnologías de comunicación inalámbrica que pueden converger en un mismo entorno, ofreciendo diferentes soluciones en función de las particularidades requeridas.

Respecto a los resultados de las simulaciones de la red troncal en el escenario de aplicación del proyecto, el radio de cobertura proporcionado a los diferentes perfiles considerados abarca prácticamente la totalidad del núcleo urbano. Así mismo, la simulación demuestra que el perfil *SS\_ambulancia* permite un uso más eficiente del medio de transmisión, aunque por otra parte, también hay que considerar que las propias características del otro perfil considerado, *SS\_I*, requiere menos recursos debido, principalmente, a la realización únicamente de tareas asociadas a la consulta o modificación de la HCE del paciente.

Finalmente, hay que considerar que el despliegue de este tipo de infraestructuras requiere grandes esfuerzos, no sólo económicos, sino también humanos, debido al servicio que este tipo de redes ofrecen a la sociedad en general. Deben coordinarse y planificarse de manera correcta y concreta todos los recursos disponibles durante el despliegue de la red, de manera que el posterior funcionamiento de la misma cumpla de forma satisfactoria con los requisitos de integración y prestación de servicios inicialmente propuestos. En este aspecto, WiMax propone nuevos retos aunque no de fácil resolución, ya que permite el desarrollo de algoritmos propios para la asignación de los subcanales, pudiendo crear de esta manera un esquema de control de acceso al medio más eficiente, siempre en función de las necesidades de los usuarios respecto a los servicios ofrecidos y las capacidades del canal de transmisión.

## Glosario

- AC/DC: dispositivo que convierte la potencia eléctrica de corriente alterna y tensión determinada a una forma de corriente continua con otra tensión concreta.
- Ad hoc: dispuesto especialmente para un fin.
- Autoprestación: servicio de comunicaciones electrónicas para la satisfacción de las necesidades propias de la entidad de que se trate, entendiendo por tales, tanto las de sus trabajadores como las de los usuarios en relación con el contenido del propio servicio prestado.
- *Best effort*: servicio que proporcionan las redes de telecomunicaciones basadas en la tecnología de Internet (TCP/IP) a las diferentes aplicaciones. Consiste en la transmisión de cada paquete de datos, desde el origen hasta su destino, de forma tan rápida como sea posible, sin fijar ningún retardo máximo entre extremos ni sobre la pérdida de paquetes en un flujo de datos. No proporciona calidad de servicios (QoS) a las aplicaciones.
- BPSK: modulación digital 2PSK (*2 Phase Shift Keying*), modulación binaria de dos fases.
- BS (*Base Station*): Estación Base. Véase *Punto de acceso*.
- Canal: medio por el que se transmite información entre emisor y receptor.
- CNAF: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
- CPE (*Customer Premises Equipment*): Dispositivo de usuario WiMax (véase *SS*).
- *Delay*: (véase *Retardo*).
- Direccional (antena): o también denominada directiva. Es un tipo de antena capaz de concentrar gran parte de la radiación hacia una dirección concreta.
- DMZ (*Demilitarized Zone*): Zona desmilitarizada.
- ECG: Electrocardiograma. Examen que registra la actividad eléctrica del corazón.
- EEG: Electroencefalograma. Examen para detectar problemas en la actividad eléctrica del cerebro.
- EMC: compatibilidad electromagnética. Habilidad de los sistemas eléctricos y electrónicos para operar en un ambiente electromagnético sin efectos adversos, sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente y soportar las producidas por otros equipos.
- EMG: Electromiografía // Electromiograma. Examen que verifica la salud de los músculos, y los nervios que controlan los músculos, mediante señales eléctricas a través de los mismos.
- EMI: interferencias electromagnéticas.
- EMS: Susceptibilidad electromagnética. Este término, y su opuesto inmunidad, se emplean para indicar la mayor o menor propensión de un dispositivo o equipo a ser afectado por interferencias radioeléctricas. Es decir, el nivel de susceptibilidad de un equipo es la propiedad que tiene éste para funcionar correctamente en un entorno electromagnéticamente complejo.

- Ethernet (compatible IEEE 802.3): estándar de transmisión de datos para redes de área local. Define las características de cableado, señalización a nivel físico y los formatos de las tramas a nivel de enlace de datos, correspondientes al modelo OSI.
- Ficheros automatizados: se define como todo conjunto organizado de datos de carácter personal, que permite acceder a la información relativa a una persona física determinada utilizando procedimientos de búsqueda automatizados. De forma menos abstracta, podemos definir estos ficheros como aquéllos que almacenan información en soportes informáticos, y que se encuentran organizados de manera que se puede acceder a los datos utilizando cualquier tipo de aplicación o procedimiento informatizado.
- Firewall: dispositivo de red también denominando como cortafuegos.
- HCE: Historia Clínica Electrónica.
- ICM: bandas de frecuencias de aplicación Industrial Científico Médica. Son de libre uso para todos los usuarios y deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones o de otros usos de radiocomunicaciones en estas frecuencias.
- IDS (*Intrusión Detection System*): mecanismo para la detección de ataques e intrusiones a equipos informáticos, que permite localizar y reportar todo tipo de actividad maliciosa en una red de datos e incluso reaccionar de forma activa y apropiada frente a dicha actividad. El software *Snort*, con sensor basado en red, es un ejemplo de este tipo de mecanismo.
- IDU: *Indoor Unit*. Unidad de interior correspondiente al equipamiento de SS.
- Intranet: red de ordenadores privada basada en los estándares de Internet que permite compartir los recursos disponibles. Puede estar conectada a Internet, o incluso extenderse a través de ella (por ejemplo, mediante el uso de VPN).
- IPsec (RFC 2401): arquitectura que añade servicios de seguridad al protocolo IP y puede ser usado por protocolos de niveles superiores como TCP o UDP (en la capa de transporte)
- *Jitter*: distorsión debida a la variación del retardo en un mismo flujo de datos. Concretamente, se corresponde con una desviación del tiempo de llegada entre paquetes que pertenecen a un mismo flujo de datos.
- Kbits/s (o también *Kbps*): kilobits por segundo ( $10^3$  bits por segundo). [Sistema Internacional de Unidades].
- LAN (*Local Area Network*): red de área local. Interconexión directa de sistemas informáticos, cuya extensión corresponde a un área reducida y controlada (por ejemplo el interior de un edificio).
- LOS (*Line of Sight*): existencia de un camino directo, sin obstáculos, que permite la propagación de las radiocomunicaciones entre emisor y receptor.
- Mbps: megabits por segundo ( $10^6$  bits por segundo). [Sistema Internacional de Unidades].
- Medio de transmisión: constituye el canal que permite la transmisión de información, empleando habitualmente ondas electromagnéticas entre emisor y receptor.
- Mesh: red de tipo ad hoc, donde los dispositivos de usuario que son capaces de comunicarse entre ellos de manera independiente al punto de acceso. Los “saltos” que se pueden efectuar entre los diferentes dispositivos de usuario para transmitir la

señal permiten ampliar el alcance inicial del enlace proporcionado por el punto de acceso.

- MRC: diversidad en recepción por combinación de máxima ganancia. Requiere el uso de más de un receptor.
- ms: milisegundos ( $10^{-3}$  segundos). [Sistema Internacional de Unidades].
- NLOS (*No Line of Sight*): no existe un camino directo, libre de obstáculos, entre emisor y receptor de un sistema de radiocomunicación.
- nrtPS (*Non Real Time Polling Service*): corresponde a uno de los niveles de *QoS* proporcionado por WiMax.
- ODU: *Outdoor Unit*. Unidad de exterior correspondiente al equipamiento de SS.
- Omnidireccional (antena): dicese de las antenas que, en teoría, irradian o reciben señales de radiofrecuencia desde prácticamente cualquier dirección del espacio, sin ninguna preferencia concreta.
- OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*): multiplexación por división de frecuencias ortogonales, que consiste en enviar una serie de portadoras en diferentes frecuencias donde cada una de ellas transporta información modulada en QAM o PSK.
- OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*): variación de OFDM que permite a un conjunto de usuarios compartir el canal de transmisión. Para ello divide el canal de transmisión en un conjunto de subportadoras que se reparten en grupos en función de las necesidades requeridas por los usuarios.
- OSI (Open System Interconnection): modelo de interconexión de sistemas abiertos.
- PAN (*Personal Area Network*): red de área personal. Su alcance y velocidad de transmisión son muy limitados. A modo de ejemplo generalizado, se puede considerar a Bluetooth como uno de los estándares de referencia PAN.
- PDA (*Personal Digital Assistant*): asistente digital personal. Dispositivo portátil de usuario con ciertas capacidades computacionales.
- PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente.
- PmP: punto-a-multipunto.
- Portabilidad: en el contexto de este proyecto, se entiende como la capacidad física que presentan ciertos dispositivos para poder ser usados y transportados por el propio usuario.
- Portadora: forma de onda modulada por una señal que contiene la información que se desea transmitir.
- Punto de acceso (inalámbrico): dispositivo, de ubicación normalmente fija, que permite la conexión de equipos de comunicación inalámbricos para formar una red de datos no cableada, posibilitando a su vez el acceso a otras redes de datos cableadas.
- QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*): modulación digital de una señal en amplitud o fase, o simultáneamente en amplitud y fase.
- QoS (*Quality of Service*): calidad de servicio. Conjunto de requisitos que debe cumplir un determinado flujo de datos respecto a fiabilidad (pérdida de paquetes o tasa de error de bit), retardo en la transmisión, variación del retardo en un mismo flujo (*jitter*) y ancho de banda o velocidad de transmisión.



- Radiofrecuencia: ondas electromagnéticas con una frecuencia determinada, que son empleadas en la radiocomunicación.
- Ranura: en un mismo flujo de datos compartido por diferentes usuarios, es el espacio de tiempo dedicado a la transmisión de datos de un usuario concreto.
- Retardo (*Delay*): tiempo que tarda un paquete de datos en llegar a su destino.
- ROI (*Region Of Interest*): región de interés.
- Router: dispositivo hardware para la interconexión de redes que trabaja en la capa de red del modelo OSI.
- rtPS (*Real Time Polling Service*): corresponde a uno de los niveles de QoS proporcionado por WiMax.
- s: segundos. [Sistema Internacional de Unidades].
- SAI: sistema de alimentación eléctrica ininterrumpida.
- Sectorización: consiste en dividir la zona de cobertura proporcionada por una BS en diferentes sectores. Permite una mayor eficiencia de uso del espacio radioléctrico ya que se pueden reutilizar las frecuencias en los sectores no adyacentes, por el contrario, requiere controlar los traspasos del usuario a los diferentes sectores
- Sensibilidad: potencia mínima que tiene que recibir un dispositivo móvil para que pueda comunicarse correctamente.
- S/N: relación entre la señal transmitida y el ruido del canal de transmisión.
- SS (*Suscriber Station*): estación de usuario. Dispositivo terminal que permite a los usuarios el acceso a la red inalámbrica de datos.
- SSL (*Secure Sockets Layer*): protocolo de nivel de transporte que permite una transmisión cifrada de datos entre un emisor y un receptor a través de redes IP.
- TDMA: acceso múltiple al canal de transmisión por división de tiempo. El ancho de banda de total del medio de transmisión es asignado a cada usuario durante un intervalo determinado de tiempo.
- Telemetría: medida remota de parámetros biológicos (ritmo cardíaco, presión sanguínea, temperatura) por medio de la línea telefónica, radiofrecuencia a través del espacio radioeléctrico o cualquier otra tecnología de comunicación.
- Telediagnóstico: coloquialmente diagnóstico remoto, a distancia, de las dolencias de un paciente mediante redes de telecomunicaciones.
- Telemonitorización: término que se puede definir coloquialmente como la monitorización remota, a distancia, de los parámetros biológicos de un paciente mediante redes de telecomunicaciones.
- TFC: Trabajo Fin de Carrera.
- TLS (*Transport Layer Security*): protocolo que realiza la misma función que SSL, siendo algunas versiones tan similares entre ellas que incluso son compatibles.
- UGS (*Unsolicited Grant Service*): corresponde a uno de los niveles de QoS proporcionado por WiMax.
- USB (*Universal Serial Bus*): bus en serie universal para el intercambio de datos entre diferentes dispositivos.
- VBR (*Variable Bit Rate*): tasa de bits variable.

- VoIP (*Voice over IP*): voz sobre protocolo de Internet o telefonía IP. Equipamiento software y hardware que permite utilizar redes con tecnología IP (Internet) como medio de transmisión de llamadas telefónicas de voz. Utiliza paquetes IP en lugar de los tradicionales circuitos telefónicos de transmisión.
- VPN (*Virtual Private Network*): red privada virtual. Red de datos lógica o virtual creada sobre una infraestructura compartida, y que proporciona unos servicios de protección necesarios para establecer una comunicación segura.

## Bibliografía

### ■ Artículos, libros y estudios

**Dusit Niyato, Ekram Hossain and Jeffrey Diamond** (February 2007). *IEEE 802.16/WiMAX-Based Broadband Wireless Acces and Its Application for Telemedicine/E-Health Services*. TRILabs and University of Manitoba. IEEE Wireless Communications.

**Martin Krohn, Heiko Kopp y Djanshid Tavangarian** (2007). *A wireless architecture for telemedicine*. University of Rostock and Institute of Computer Science. IEEE Communications.

**E.M. Husni, Y. Heryadi, W.T.H. Woon, M.S. Arifianto, D.V. Viswacheda, L. Barukang** (2006). *Mobile Ad Hoc Network and Mobile IP For Future Mobile Telemedicine System*. School of Engineering and Information Technology University Malaysia Sabah. IEEE Communications.

**Androuchko L. y Wright D.** (1996). Telemedicine and developing countries, *Journal of Telemedicine and Telecare*, Vol. 2, Nº 2, RSM Press Ltd..

**Grupo Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones:** *Redes de información inteligentes para telemedicina*. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca.

**PhD Anna Zvikhachevskaya, Prof. Garik Markarian, Dr.Lyudmila Mihaylova** (2009). *Quality of Service consideration for the wireless telemedicine and e-health services*. Department of Communication Systems (InfoLab21), Lancaster University, UK. IEEE Communications.

**E. H. Putra, E. Supriyanto, J. Din, and H. Satria** (2009). Cross Layer Design of Wireless LAN for Telemedicine Application. Faculty of Electrical Engineering, Faculty of Biomedical Engineering and Health Science, Universiti Teknologi Malaysia. IEEE Communications.

**Grupo de Nuevas Actividades Profesionales** (2005). *Elementos Técnicos para la Gestión de Frecuencias en Espacios Complejos: Entornos Sanitarios*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (www.coit.es).

**Joaquín García Alfaro.** *Mecanismos de prevención*. FUOC P07/05070/02623.

**Antonio Satué Villar:** *Comunicacions sense fils*. FUOC P07/19015/00419.

**Antonio Satué Villar:** *Xarxes personals sense fils*. FUOC P07/19015/00420.

**Antonio Satué Villar:** *Xarxes locals i metropolitanes sense fils*. FUOC P07/19015/00421.

**Antonio Satué Villar:** *Xarxes de gran abast sense fils*. FUOC P07/19015/00422.

**Enric López i Rocafiguera:** *Qualitat de servei en xarxes interconnectades*. FUOC P07/19017/02821.

CNAF (2010): *Notas UN 2010*.

**Jonathan Chourio, Yerald Bravo, Ender Chourio, Jose Vilchez, Carlos Domínguez** (abril de 2009). *Comunicación de Datos I*. República Bolivariana de Venezuela, Ministerio Popular para la Educación Superior, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo.

**Hugo CANTO, Alfredo G. RIVAMAR, Juan Pablo SOTO, Miguel ROTONDO** (junio 2006). *IEEE 802.16 WMAN / WiMAX*. Universidad de Mendoza, Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina.

**Luis Arguello, Christian Garavito, Rafael Rincón, Héctor Villa** (26 de abril de 2009). *ONDAS ELECTROMAGNETICAS: WIMAX*. Departamento de Física. Ciencias Básicas Física Calor y Ondas, código 1043 NRC 2034. Universidad del Norte, Colombia.

**Javier Yetano Laguna, Vicent Alberola Cuñat**. *Diccionario de siglas médicas y otras abreviaturas, epónimos y términos médicos relacionados con la codificación de las altas hospitalarias*. Ministerio de Sanidad y Consumo. Centro de Publicaciones. Madrid. ISBN: 84-7670-667-7.

**Alberto Los Santos Aransay, Francisco Milagro Lardiés** (junio de 2007). *Comparativa de IEEE 802.1 e IEEE 802.16*. Redes Inalámbricas de Acceso. Doctorado en Ingeniería Telemática: Universidad de Vigo..

**Mario Vielma** (abril de 2005). *Introducción a las antenas*.

**Pauli Mikkonen, Matti Kettunen, Jukka Kämäräinen, Niko Niskala** (21 de diciembre de 2009). *Risk Analysis Report ATJ-kehitysohjelma "Ajoneuvon / työkoneen langattomat lähiverkot (ALMA)"*. Versión 2.0.

**Grupo de Radiocomunicación** (febrero de 2007). *Tutorial de Radio Mobile*. Departamento SSR, Universidad Politécnica de Madrid.

## ■ Páginas web

<http://blog.albentia.com/>

<http://www.rae.es/rae.html>

<http://noticias.juridicas.com/>

<http://www.wimaxforum.org/>

[http://www.umm.edu/esp\\_ency/](http://www.umm.edu/esp_ency/)

<http://www.cuidatusdatos.com/infofichero.html>

<http://www.diariomedico.com/2010/03/05/area-profesional/gestion/tic-bien-usadas-base-nuevo-modelo-asistencial>

<http://www.idg.es/computerworld/Telemedicina:-servicios-sanitarios-sin-barreras.La/seccion-ebiz/articulo-64046>

## Anexo A. Configuración y parámetros de la simulación.

La simulación se lleva a cabo en un ordenador portátil HP Pavilion dv2700, con procesador Intel Core2 Duo T8300, 4 GB de RAM y sistema operativo Windows Vista Home Premium (Service Pack 1).

El software de simulación utilizado ha sido RadioMobile en su versión 10.5.5.

Las pruebas de cobertura cartesiana combinada se han dibujado con un esquema de color propio, y con un tamaño de imagen de 1 píxel.

A continuación se detallan los diferentes parámetros utilizados para realizar la simulación.

### Anexo A.1: Escenario

<b>Mapa de elevación:</b> Nasa Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coordenadas centrales: 39° 43' 48,0'' N - 002° 54' 36,0'' E</li> <li>▪ Tamaño (píxeles): 1400 x 849 (ancho x alto)</li> </ul>
<b>Mapas de imagen:</b> LandSat e Internet MapPoint (Europe)
<b>Método de superposición de imágenes:</b> <i>Multiply</i>

### Anexo A.2: Red

<b>Nombre:</b> WiMax
<b>Frecuencia mínima:</b> 5.470 MHz <b>Frecuencia máxima:</b> 5.725 MHz
<b>Topología:</b> red de datos en estrella ( <i>master/slave</i> )
<b>Modo estadístico:</b> móvil.
<b>Polarización:</b> vertical.
<b>Clima:</b> marítimo templado.
<b>Refractividad de la superficie, conductividad y permitividad relativa del suelo:</b> Desconocidos [valores por defecto].
<b>Miembros de la red:</b> BS, SS_1 y SS_ambulancia.

## Anexo A.3: Miembros de la red

Para la configuración de los parámetros de estos dispositivos en la simulación, se ha tenido en cuenta las características propias de los equipos finalmente seleccionados para implementar la red troncal así como las consideraciones de la nota UN-128.

### ■ Estación Base (BS)

<b>Rol:</b> <i>master</i> .	
<b>Coordenadas ubicación:</b> 39° 43' 01,4'' N - 002° 55' 13,4'' E	
<b>Potencia de transmisión:</b> 15 dBm	<b>Sensibilidad:</b> -96 dBm
<b>Tipo de antena:</b> direccional ( <i>corner.ant</i> ) Ganancia: 14,5 dBi	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Azimut: 285°      Inclinación: 12°</li> <li>▪ Altura: 35 metros</li> </ul>	
<b>Pérdida de línea:</b> 0 dB [esta pérdida se considera despreciable ya que el equipo Alvarion BreezeMAX Extreme 5000 BS integra la antena en la propia unidad]	

### ■ Unidades suscriptoras (SS)

<b>Perfil SS_1</b>	
<b>Rol:</b> <i>slave</i> .	
<b>Coordenadas ubicación</b> [en prueba "Enlace de Radio"]: 39° 43' 18,0'' N - 002° 54' 25,2'' E	
<b>Potencia de transmisión:</b> 17 dBm	<b>Sensibilidad:</b> -95 dBm
<b>Tipo de antena:</b> omnidireccional ( <i>omni.ant</i> ) Ganancia: 2 dBi	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Altura: 1,5 metros</li> </ul>	
<b>Pérdida de línea:</b> 0 dB [esta pérdida se considera despreciable ya que el equipo Airspan MiMAX USB integra la antena en la propia unidad]	

<b>Perfil SS_ambulancia</b>	
<b>Rol:</b> <i>slave</i> .	
<b>Coordenadas ubicación</b> [en prueba "Enlace de Radio"]: 39° 43' 18,0'' N - 002° 54' 25,2'' E	
<b>Potencia de transmisión:</b> 16 dBm	<b>Sensibilidad:</b> -96 dBm
<b>Tipo de antena:</b> omnidireccional ( <i>omni.ant</i> ) Ganancia: 16 dBi	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Altura: 3 metros</li> </ul> <p>[Para realizar la prueba enlace de radio, se considera la antena de la SS orientada hacia la dirección de la BS]</p>	
<b>Pérdida de línea:</b> 2 dB (aproximado)	