

CAPÍTULO 4: ASPECTOS LEGISLATIVOS Y DESPLIEGUE DE REDES WI-FI

Uno de los principales atractivos de las redes inalámbricas es que usan una porción del espacio radioeléctrico en la que no hay que pagar por su uso, es de uso libre. Sólo habrá que atenerse a las reglas de uso que nos impongan los organismos reguladores de los mismos. Tampoco es necesario obtener licencia de explotación siempre que el uso de la red sea privado. También habría que preguntarse si las emisiones radioeléctricas de estas redes sobrepasan las tasas de absorción específicas (SAR, *specific absorption rate*) impuestas por las organizaciones médicas internacionales y recogidas en la legislación vigente. En este capítulo se estudian todos estos aspectos en detalle.

4.1 El marco legislativo en España

Paralelos a los cambios tecnológicos y de mercado se han desarrollado, y han sido trascendentales, cambios normativos y de regulación [1][19].

El marco legislativo español actual, en materia de telecomunicaciones, se configura en torno a un conjunto de normativas, decretos, leyes, notas técnicas donde se incluyen:

- Organismos Internacionales de Gestión del Espectro:
 - Conferencia Europea de Administraciones Postales y Telecomunicaciones (CEPT)
- Organismos de normalización:
 - Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI)
 - Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
 - Asociación Española de Normalización (AENOR)
 - Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC)
- Directivas de la Unión Europea.
- Ley General de Telecomunicaciones y sus normas de desarrollo.
- Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).
- Normativa sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones.

En España, las comunicaciones inalámbricas están reguladas por el Ministerio de Educación y Ciencia según la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones. Dentro de este Ministerio, el órgano superior encargado de las comunicaciones radioeléctricas es la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI). Dentro de la SETSI se encuentra la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, la cual se compone de varios sub-departamentos que realizan diversas funciones, todas ellas relativas a la regulación técnica de las telecomunicaciones. Aunque todos estos sub-departamentos poseen gran importancia en los temas que nos interesan, podrían destacarse dos de ellos: la Subdirección General de Planificación y Gestión del Espectro Radioeléctrico y la Subdirección General de Infraestructuras y Normativa Técnica. Uno de los aspectos más

importantes que regula la SETSI es la distribución de frecuencias en el espectro radioeléctrico; en concreto, este cometido lo lleva a cabo la ya citada Subdirección General de Planificación y Gestión del Espectro Radioeléctrico.

4.2 Bandas ICM y su canalización

Ya el propio Marconi, apuntaba la necesidad de una regulación del espectro para evitar interferencias entre sistemas. Esta ordenación de las frecuencias se lleva a cabo en conferencias mundiales de radiocomunicaciones, organizadas por la unión internacional de telecomunicaciones (ITU, *International Telecommunication Union*). En estas conferencias se reparte el espectro en bandas y se asignan posibles usos a las mismas. Estas recomendaciones las particularizan los países en sus correspondientes legislaciones [1][19].

La legislación sobre el uso de las frecuencias en las redes inalámbricas, así como la radiación de potencia máxima permitida varía según los países, existiendo organismos estatales, en cada uno de ellos, que son los verdaderos encargados de establecer dicha legislación. En numerosas ocasiones también existe la alianza o unión de países que ponen en práctica las mismas leyes para regular algún aspecto en concreto dentro de este tipo de comunicaciones, como ocurre, por ejemplo, en Europa. Sin embargo, lo normal es que la mayoría de las leyes importantes al respecto sean impuestas por cada país individualmente. Uno de los organismos más conocidos mundialmente en el ámbito de las comunicaciones inalámbricas y que ha sentado muchas de las bases, por las que actualmente se rigen la mayoría de los países, es la FCC o *Federal Communications Comision* (Comisión Federal de Comunicaciones) de EE.UU., la cual recoge en el apartado 15 de sus Reglas y Reglamentaciones todo lo referente a este tipo de legislación, sobre todo el aspecto relativo a las frecuencias.

En el caso de España, la Secretaria de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI) es la encargada de dicha tarea, tal como se describe en el artículo 44 del Título V de la Ley General de Telecomunicaciones (LGT). El resultado se plasma en el cuadro nacional de atribución de frecuencias (CNAF) basado en el Artículo S5 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la ITU.

En el CNAF, el espectro radioeléctrico se divide en bandas para luego describir, a través de las Notas de Utilización Nacional (UN) el uso que se puede hacer de ellas. Se elabora con una periodicidad aproximada de dos años y se aprueba por Orden Ministerial. El vigente Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias fue aprobado por la Orden CTE/630/2002 de 14 de marzo de 2002 (B.O.E. de 22 de marzo de 2002) y modificado por la Orden CTE/2082/2003 de 16 de julio de 2003 (B.O.E. de 23 de julio de 2003).

A continuación se muestran algunos de los aspectos del CNAF aplicables a las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz:

➤ Uso común de banda de frecuencia

Artículo 12 (Orden 9 de marzo de 2000): La utilización con las características técnicas correspondientes, de aquellas bandas de frecuencias que se señalen en el CNAF.

Protección: No deberán producir interferencias ni solicitar protección frente a otros servicios de radiocomunicaciones autorizados con categoría diferente.

A continuación, se citan algunos ejemplos: Teléfonos sin hilos, micrófonos sin hilos, mandos de garaje, PMR446, bucles inductivos, implantes médicos,

aeromodelismo, radares anticolidión.

El uso común no garantiza la protección frente a otras utilizations ni puede causar perturbaciones a otros servicios existentes legalmente autorizados.

➤ Notas de utilización nacional aplicables a WiFi

En la nota 85 encontramos lo siguiente:

UN - 85

Banda de frecuencias 2400 a 2483,5 MHz.

Estas frecuencias podrán ser utilizadas en redes de área local para la interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones en interior de edificios.

La potencia total será inferior a 100 mW (PIRE). Otras condiciones de uso han de ser conforme a la Recomendación CEPT/ERC 7003 Anexo 3.

Esta utilización se considera de uso común.

Esta banda de frecuencias también podrá utilizarse para aplicaciones generales de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance.

La potencia radiada máxima será inferior a 100 mW.

Esta utilización se considera de uso común.

En ambos casos, las características radioeléctricas de estos equipos se ajustarán a las especificaciones ETSI ETS 300 328, ETS 300 440 o bien al estándar específico, si es el caso y en base a lo anterior deberá realizarse la correspondiente evaluación de la conformidad.

Las especificaciones de la CEPT y de la ETSI que se citan no incluyen más información relevante que la descrita en esta nota. Sólo quedaría hablar de la canalización utilizada, esto es, del número y localización de los canales en la banda. En las especificaciones referidas se dejan para libre asignación. De hecho la canalización de las bandas de 2,4 GHz y 5GHz se recogen en los distintos estándares de redes inalámbricas atendiendo a los sistemas de modulación utilizados. Este punto se discutirá más adelante.

La otra nota de utilización nacional aplicable a WiFi es la nota 128. En esta nota encontramos lo siguiente:

UN128

Redes de área local de altas prestaciones en la banda de 5 GHz.

Las bandas de frecuencia indicadas seguidamente podrán ser utilizadas por el servicio móvil en redes de área local de altas prestaciones, de conformidad con las condiciones que se indican a continuación.

Banda 5150 5350 MHz: En esta banda el uso por el servicio móvil en redes de área local se restringe para su utilización únicamente en el interior de recintos y las características técnicas deben ajustarse a las indicadas en la tabla adjunta en el caso que sea de aplicación en función de la subbanda utilizada y de las modalidades técnicas contempladas en la misma.

Tabla con las condiciones técnicas de utilización:

Banda (MHz)	POTENCIA (p.i.r.e.) (*)		
	Sistemas sin TPC	Sistemas con TPC	Sistemas con TPC y con DFS
51505250 (**)	30 mW	120 mW	200 mW
52505350 (**)	60 mW con DFS	200 mW con DFS	200 mW

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

El significado atribuido a los términos y símbolos utilizados en esta tabla es el siguiente: (*) Se refiere a la potencia (p.i.r.e) promediada sobre una ráfaga de transmisión ajustada a la máxima potencia.

(**) En estas bandas, la densidad espectral de p.i.r.e. media no ha de exceder de 0,04 mW/4 kHz medida en cualquier ancho de banda de 4 kHz.

TPC: Se refiere a sistemas que dispongan de control de potencia transmitida

DFS: se refiere a sistemas que dispongan de selección dinámica de frecuencia de acuerdo a la Recomendación UITR M.1652 sobre sistemas de acceso radio incluyendo RLAN en 5 GHz.

Banda 5470 5725 MHz: Esta banda puede ser utilizada para redes de área local en el interior o exterior de recintos con potencia inferior o igual a 1 W (p.i.r.e.). Estos sistemas deberán disponer de técnicas de control de potencia (TPC) y selección dinámica de frecuencia (DFS) de acuerdo a las especificaciones de la Recomendación UITR M.1652 sobre sistemas de acceso radio incluyendo RLAN en la banda de 5 GHz.

Estas instalaciones de redes de área local tienen la consideración de uso común.

Se puede resumir brevemente la información que aparece en estas notas de la siguiente forma: na característica que se repite en las tres bandas es que son de uso común. Por lo tanto, dos o más usuarios pueden utilizar el espectro a la vez e interferirse mutuamente. Estos usuarios pueden además pertenecer a otros sistemas de comunicaciones o, en el caso de las bandas de industriales, científicas y médicas (ICM ó en inglés ISM de industrial, scientific and medical) puede estar ocasionada por otros dispositivos. Las demás características se pueden encontrar en la tabla 4.1.

Banda	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de banda	83 MHz	200+245 MHz
Frecuencias (MHz)	2400 a 2483,5	51505350 5470 – 5725
Potencia máxima (p.i.r.e)	100 mW	200 mW 1 W
Entorno	Interior o exterior	Interior Interior o exterior
Banda ICM	Sí	Sí No

Tabla 4.1: Características de las bandas WiFi

Las dos últimas bandas vistas anteriormente, son lo que se conoce como banda 5 GHz y la que se suele usar para la 802.11a es el primer tramo.

4.3 Resoluciones de la CMT relativas a WIFI

Dentro de las funciones que la nueva Ley General de Telecomunicaciones atribuye a la CMT está el establecimiento y supervisión de las obligaciones de los operadores de telecomunicaciones, el fomento de la competencia en los mercados de los servicios audiovisuales, la resolución de conflictos entre operadores y ejercer de árbitro en los conflictos entre los mismos [1][19].

El éxito de la tecnología WiFi ha llevado a muchos operadores a plantearse la posibilidad de prestar sus servicios a través de ella. En España muchas iniciativas, tanto públicas como privadas, han llevado al despliegue de esta tecnología sin solicitar título habilitante. Por ello, la CMT, tras las consultas de diversos agentes, operadores y

asociaciones de empresas y usuarios ha venido a resolver una serie de expedientes que clarifican enormemente la situación.

A continuación se muestran las resoluciones de mayor interés respecto al tema que nos atañe:

- **Resolución 1:** electrónicas sin ánimo de lucro puede constituir una conducta contraria a la defensa de la competencia. Posibilidad de excepciones, estudiando cada caso con profundidad y el interés de otros operadores por prestar dicho servicio.

RO 2.004/1229: Resolución por la que se da contestación a la consulta formulada sobre la necesidad de inscribirse como operador para el despliegue de una red Wi-Fi y determinados requisitos que han de ser observados para su explotación.

Parte: Asociación sin ánimo de lucro presta servicios a través de Wi-Fi en la comunidad de Madrid.

Necesidad de inscripción como operador: Si, mediante notificación a CMT.

Necesidad de proyecto técnico firmado por Ingeniero Superior Telecomunicaciones de o técnico competente: No, basta con acompañamiento de una breve descripción de la red que se quiere explotar y los servicios que se quieren suministrar.

Conexión Troncal de la red con operador: Posibilidad de acuerdo con cualquier operador de telecomunicaciones para realizar tal conexión.

Libre competencia: La prestación de un servicio de comunicaciones electrónicas sin ánimo de lucro puede constituir una conducta contraria a la defensa de la competencia.

Posibilidad de excepciones, estudiando cada caso con profundidad y el interés de otros operadores por prestar dicho servicio.

- **Resolución 2:**

RO 2.003/1443: Resolución de la consulta formulada por AXARQUIA TELECOM S.A. sobre la posibilidad de instalar, para la prestación de servicios de Internet y Telefonía, tecnología Wi-Fi junto con tecnología PLC.

Parte: Operador Axarquia Telecom S.A.

Posibilidad de sustituir el bucle del abonado cableado por estas tecnologías: Si, la Ley General de Telecomunicaciones no las impide. Necesidad de notificación.

Restricciones: AXARQUÍA, como operador que es, deberá cumplir determinadas obligaciones y condiciones en la prestación de los servicios de televisión (vídeo), voz y datos, en cuanto a parámetros de calidad fijados para cada servicio.

El uso de las frecuencias de las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz deberá ajustarse a las especificaciones del CNAF.

Tecnologías PLC: Como consecuencia del ancho de banda, no resulta clara la posibilidad de que esta tecnología permita la prestación de los servicios de difusión de televisión (vídeo), no existiendo aún un estándar específico respecto a sus limitaciones de uso.

- **Resolución3:**

RO 2.002/7696: Informe dando contestación a la consulta formulada por ASTER, SISTEMAS DE CONTROL S.A., sobre el título necesario para el establecimiento y explotación de una red de telecomunicaciones inalámbrica (Banda 2,4 GHz) para la prestación de servicios de voz mediante protocolo IP.

Parte: ASTER, SISTEMAS DE CONTROL S.A., para proveer de cobertura telefónica y acceso a Internet de alta velocidad a distintas empresas de Cartaza (Huelva), que disponen en la actualidad de teléfonos rurales con tecnología TRAC.

Necesidad de título habilitante: Al tratarse de una red inalámbrica funcionando en la banda de 2,4 GHz, una velocidad de 11 Mbps y una potencia de las estaciones de entre 7 y 14 dBm, nos encontramos dentro de los límites establecidos en el CNAF, por lo que NO será necesario obtención de ningún título habilitante. Autorizaciones: Si serán necesarias autorizaciones:

- Autorización General tipo A: Ya que la explotación de la red supone la conexión de un grupo cerrado a un punto de terminación de una red pública.
- Autorización General Tipo C: En el caso de que ASTER sea quien provea de acceso a Internet. En el caso de un operador con licencia, no es necesario.
- Autorización provisional para la reventa del servicio telefónico fijo, siempre que se comercialice dicho servicio.

- **Resolución 4:**

RO 2.003/622: Solución por la que se da contestación a la consulta formulada por el consorcio local LOCALRET sobre el título necesario para el establecimiento y explotación de una red de Telecomunicaciones inalámbrica basada en el estándar 802.11b del IEEE para posibilitar la cobertura de acceso a Internet de alta velocidad.

Parte: LOCALRET, consorcio de municipios catalanes que pretenden dar servicio de acceso de banda ancha a una serie de poblaciones.

Necesidad de título habilitante por el uso del espectro: No, al ser una banda de uso común, una banda libre. Basta con una notificación.

Necesidad de título habilitante por la explotación de la red y prestación de servicios: Si, una licencia individual tipo C2, que habilita para el establecimiento y explotación de una red pública que usa el espectro radioeléctrico para el acceso a Internet, no siendo posible la prestación del servicio de telefonía disponible al público.

En el caso de que sea la propia LOCALRET quien provea de servicio de acceso a Internet será necesaria una autorización general tipo C.

Libre Competencia: Si se realiza dicha actividad sin contraprestación económica, como servicio gratuito, la actividad es susceptible de producir distorsiones a la libre competencia en el servicio de acceso a Internet.

A continuación se muestra un resumen de los análisis y conclusiones de la CMT con respecto a los requerimientos para el establecimiento y prestación de servicios sobre redes inalámbricas WiFi. Consideraremos los tres casos que se dan con mayor frecuencia:

Prestación de servicios de acceso a Internet

El establecimiento de una red WiFi para la prestación de servicios de telecomunicaciones, es una forma de explotación de una red pública de telecomunicaciones.

En este sentido, la anterior normativa exigía de un título habilitante para la creación, gestión y explotación de tal red. Así, con la anterior normativa, por ejemplo, para la prestación del servicio de acceso a Internet soportado en redes WiFi era necesario solicitar a la CMT una antigua Licencia Individual Tipo C2 (Licencia necesaria para el establecimiento o explotación de redes públicas que impliquen el uso del dominio público radioeléctrico) y una antigua Autorización General Tipo C (habilitan para la prestación de servicios de transmisión de datos disponibles al público).

Por el contrario, de acuerdo con la nueva LGTel, desaparece el sistema de Licencias Individuales y Autorizaciones Generales. A partir de ahora, para explotar una red o prestar servicios de comunicaciones electrónicas será suficiente con efectuar una notificación previa a la CMT con la descripción de la red a explotar y de los servicios que se vayan a prestar. De acuerdo con el artículo 6.2 de la LGTel, se establece que para la explotación de redes y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas se requerirá, con anterioridad al inicio de la actividad, la notificación fehaciente de la misma a la CMT con los datos relativos a la persona física o jurídica que tengan la intención de explotar redes o prestar servicios, y en la forma en que va desarrollar esa actividad. Así, habrá que aportar a la CMT la información relativa a la descripción de la red, el ámbito de cobertura de la misma, la tecnología que utiliza y su funcionamiento. Por lo que respecta a los servicios deberá describir detalladamente los mismos (especificar si se van a prestar servicios de proveedor de acceso a Internet, intercambio electrónico de datos, telefonía sobre IP, almacenamiento y reenvío de mensajes cortos), definir los compromisos de calidad que se asumen y la forma en que se van a prestar. No es obligatorio, la realización de un proyecto técnico.

Por otra parte, no es necesaria una notificación previa a la CMT en el caso de que se trate de una red interna entre ordenadores y servidores, routers, impresoras de una empresa. Por lo tanto solo será necesaria la notificación previa a la CMT cuando se establezca una red o se preste un servicio con dicha tecnología para comercializarlo o dar conectividad de acceso a terceros.

Telefonía sobre IP soportada por redes WiFi

En relación con los servicios de telefonía sobre IP (voz sobre IP o “VoIP”) según el régimen actual es igualmente necesario presentar una notificación a la CMT detallando la prestación de estos servicios. No obstante, puede existir un inconveniente en prestar telefonía sobre IP sobre redes WiFi, ya que es un servicio que aún no se ha autorizado por la CMT.

Así pues, el inconveniente en este caso se encuentra en que la CMT realice una consulta al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo para que éste garantizara que la telefonía sobre IP prestada sobre redes WiFi pueda ofrecer al usuario los niveles de calidad de telefonía necesarios. Para obtener la autorización de este servicio se deberá acreditar el cumplimiento de los niveles de calidad. Para ello será necesario, la realización de un proyecto técnico con su correspondiente visado colegial. Cuestión aparte es la exigencia de otros requisitos como la gestión de la numeración y la interconexión en el exterior.

Administraciones locales e “Internet rural”

En cuanto a la prestación de servicios de telecomunicaciones, nos encontramos ante una actividad liberalizada, no ante un servicio de titularidad pública: municipal, autonómica, estatal. Una corporación municipal, directamente o a través de un tercero sin ánimo de lucro, puede intervenir en el mercado de las telecomunicaciones como un agente económico más, compitiendo con el resto de operadores en la actividad de provisión al público de servicios de acceso a Internet y estableciendo y explotando redes de telecomunicaciones. En este caso, su actividad estará sometida tanto a la normativa sectorial de las telecomunicaciones, como al resto de la normativa reguladora de la libre competencia que pueda ser de aplicación a estas actividades como si fuera un operador más. El ayuntamiento ó corporación municipal tiene que facturar por el servicio. La prestación o explotación en el mercado, de servicios o redes de telecomunicaciones por la Administraciones Públicas deberá ser autorizada por la CMT, que establecerá las condiciones para que se garantice la no distorsión de la libre competencia.

Por lo tanto, en este supuesto, cualquier entidad municipal que desee concurrir en el mercado prestando servicios de acceso a Internet mediante redes WiFi, deberá cumplir con las obligaciones de notificación ante la CMT, comunicando su intención de explotar la red o la prestación de servicios, antes del inicio de la actividad; además de cumplir con la normativa reguladora de las Administraciones Públicas y de la libre competencia.

Hay que señalar a este respecto los expedientes abiertos por la CMT a los ayuntamientos de Puentearreas (Pontevedra) y Atarfe (Granada) por ofrecer servicios gratuitos de telecomunicaciones mediante la tecnología WiFi, sin la autorización previa.

A modo de resumen, se puede sacar las siguientes conclusiones sobre el marco regulatorio:

➤ Una red inalámbrica Wi-Fi utiliza el dominio público radioeléctrico en su modalidad de uso común y, en atención a tal uso, no requiere de ningún título habilitante con respecto, exclusivamente al uso del citado dominio público radioeléctrico. Sin embargo, es preciso señalar que el uso común es un uso regulado, y como tal, la utilización de frecuencias y el despliegue de estas redes deben hacerse conforme a las notas técnicas UN-85 y UN-128 del CNAF.

➤ El establecimiento y explotación de redes inalámbricas de telecomunicaciones en tecnología Wi-Fi por parte de un operador de telecomunicaciones requerirá la notificación a la CMT de su intención de explotar la red y la prestación de servicios antes del inicio de su actividad. Es decir, se está ante un sistema radioeléctrico que se configura como una red pública de telecomunicaciones y sirve de soporte a la prestación de determinados servicios de telecomunicaciones a terceros: provisión de acceso a Internet de banda ancha, provisión de servicios de telefonía sobre IP o servicios de VPN. Por lo tanto, la actividad de establecimiento y explotación de una red Wi-Fi, sea por parte de un operador de telecomunicaciones o una sociedad creada a tal fin, se encuentra sujeta al régimen de notificaciones previas previsto en el articulado de la LGTel.

➤ El uso común puede plantear ciertas limitaciones a la hora de ofrecer un servicio con unos determinados niveles de calidad (referencia a la respuesta a AEPSI sobre servicios de VoIP). Este concepto, el de calidad de servicio, deberá tenerse en cuenta en todo momento si se quieren obtener todos los beneficios que la tecnología Wi-Fi ofrece. Para lograr esa calidad de servicio es preciso llevar a cabo un despliegue ordenado de estos sistemas de telecomunicación. El proyecto técnico, realizado por un profesional

competente y el visado colegial son la garantía de ese despliegue ordenado haciendo un uso eficaz y eficiente de los recursos disponibles.

➤ El despliegue de una red Wi-Fi, tanto para autoprestación como para dar servicios a terceros, supone la puesta en servicio de estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones que, por lo tanto, quedarían dentro del ámbito de aplicación del Artículo 2 del Capítulo 1 del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas. Por tanto, sería necesaria la verificación del cumplimiento de los límites de exposición fijados por el citado decreto.

4.4 Emisiones radioeléctricas

Nuestro panorama urbano e incluso no urbano está plagado de estaciones radioeléctricas: telefonía móvil GSM, acceso al bucle de abonado vía radio LMDS, emisoras de radio FM y TV, estaciones de radioaficionado, radioenlaces en distintas bandas de frecuencias, etc. Todas estas infraestructuras son, en la actualidad, ejes fundamentales para el desarrollo de la Sociedad de la Información, a los cuales nadie quiere renunciar. Una sociedad en la que el ciudadano está inmerso, y en la que se requiere movilidad, comunicación desde cualquier lugar, transmisión de voz y datos e incluso imágenes y conexión a Internet. Todo ello exige la puesta en marcha de las infraestructuras necesarias que soportan las redes que aproximan estos servicios al ciudadano [1][19].

Al mismo tiempo, cada día se hace más evidente que la opinión pública en los países avanzados está muy sensibilizada por los temas relativos a la salud y el medio ambiente, en el entorno de los avances y las innovaciones científicotécnicas. A esa sensibilización contribuyen, sin duda, la velocidad del cambio técnico, imposible de asimilar en tan breve tiempo, y los medios de comunicación, que permiten la difusión de supuestos riesgos potenciales de una innovación antes de que las investigaciones científicas hayan podido clarificar, con el rigor necesario, las cuestiones planteadas.

Con la publicación en el Boletín Oficial del Estado del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre de 2001, y la Orden CTE/23/2002, de 11 de Enero de 2002, que lo desarrolla, se estableció un marco regulatorio para el establecimiento de restricciones a los niveles de exposición de las emisiones radioeléctricas y unos mecanismos para garantizar el cumplimiento de los mismos.

El artículo 2 del Capítulo 1 del Real Decreto 1066/2001 define el ámbito de aplicación del Reglamento, el cual se aplica a las emisiones que sean producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones. En este sentido las redes de telecomunicaciones bajo el estándar Wi-Fi hacen uso de puntos de acceso radio que son claramente estaciones radioeléctricas tal y como define el mencionado artículo 2.

En la Figura 2.3. se puede observar tanto los niveles de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001, así como los niveles de decisión establecidos en la orden ministerial CTE/23/2002.

SERVICIO	SISTEMA	f (MHz)	NIVEL DE REFERENCIA		NIVEL DE DECISIÓN	
			(V/m)	(W/m ²)	(V/m)	(W/m ²)
Radiodifusión	AM	0.5	87		43.5	
		1.5	71.03		35.5	
Radiodifusión	FM	100	28	2	14	0.5
TV terrenal	UHF	470	29.8	2.35	14.9	0.59
		830	39.6	4.15	19.8	1.04
Telefonía móvil	TACS	450	29.2	2.25	14.6	0.56
Telefonía móvil	GSM	900	41.2	4.5	20.6	1.13
Telefonía móvil	DCS	1800	58.3	9	29.2	2.25
Telefonía móvil	UMTS	2000	61	10	30.5	2.5
Red local inalámbrica	IEEE 802.11b	2400	61	10	30.5	2.5
Telefonía fija inalámbrica	LMDS	3500	61	10	30.5	2.5
Red local inalámbrica	IEEE 802.11a/h	5000	61	10	30.5	2.5
Telefonía fija inalámbrica	LMDS	26000	61	10	30.5	2.5

Tabla 4.2. Niveles de referencia y decisión

La Subsecretaría de Telecomunicaciones establece, tanto para 2.45 GHz como para 5 GHz, que la máxima densidad de potencia admisible es de 10 W/m² en áreas de libre acceso para las personas. Siendo ésta sensiblemente mayor para los trabajadores. Estos niveles se cumplen sobradamente, ya que los niveles de decisión se han establecido 6dB por debajo de los niveles de referencia.

Para la obtención de los niveles de referencia se ha de tener en cuenta las medidas de SAR (*Specific Absorption Rate*). El SAR es la medida de la radiación que absorbe la cabeza de un ser humano cuando usa un teléfono móvil. El valor del SAR es una medida de la máxima energía absorbida por unidad de masa. Los valores de SAR se expresan en unidades de W/Kg en 1g. o 10g de tejido. De esta forma se mide la inmunidad de las personas respecto a las radiaciones electromagnéticas. Dichas medidas se usan para saber a que potencia puede emitir un móvil sin que este te afecte perjudicialmente. Finalmente, lo que se hace es establecer una relación entre el SAR y la densidad de potencia del campo electromagnético incidente. Dicha densidad de potencia es la que aparece en la tabla 4.2.

Las ondas electromagnéticas tienen dos formas de interactuar con la materia:

➤ Interacción ionizante. Cuando la frecuencia de las ondas electromagnéticas es suficientemente alta, se produce este tipo de interacción ya que la energía es proporcional a dicha frecuencia.

➤ Interacción no ionizante. Este tipo de interacción lo que provoca son efectos térmicos. La temperatura de la materia no es más que una medida del grado de agitación o movimiento de los átomos y moléculas que la forman. A mayor temperatura, mayor es el movimiento de los átomos y moléculas. Mediante la radiación electromagnética es posible aumentar el movimiento de los átomos y moléculas y por tanto elevar la temperatura de la materia. Este es el tipo de interacción que se produce en los sistemas

inalámbricos. Estos sistemas no tienen la energía suficiente como para ionizar la materia.

La determinación de los niveles de referencia que se consideran inocuos para la salud, llevan consigo una serie de pasos entre los que cabe destacar:

1. Fijar un nivel de flujo de energía adicional que el organismo puede disipar sin que su funcionamiento quede perturbado. Este nivel se define con referencia a los flujos de energía que el organismo disipa por la actividad metabólica normal, o bien por la absorción de fuentes de radiación que se conocen que son inocuas, como por ejemplo la radiación del sol. La exposición al sol provoca un flujo de energía absorbida de 40 mW/cm² que el organismo debe disipar para no incrementar su temperatura.

2. El siguiente paso consiste en relacionar la necesidad de disipación de energía con la energía absorbida por el cuerpo. Esta energía absorbida depende de la frecuencia, la intensidad y la constitución física del cuerpo, ya que no todos los tejidos (grasa, músculo, etc.) absorben por igual. El parámetro que caracteriza la energía absorbida como ya se dijo antes es el SAR. El consenso generalizado es que una Tasa Específica de Absorción inferior a 4 W/kg en el contexto de la actividad metabólica del cuerpo humano supone una disipación de calor comparable a la de una actividad física moderada, y por tanto dentro de los márgenes de actuación de los mecanismos de termorregulación del organismo.

3. Finalmente, se establece la relación entre el SAR y la densidad de potencia del campo electromagnético incidente. Dado que el cuerpo humano interacciona de forma distinta a diferentes frecuencias, el valor de esta densidad de potencia dependerá de la frecuencia.

4. Sobre este valor determinado se aplica un factor de seguridad, es decir, se reduce en un factor adicional. El valor resultante puede variar de una normativa a otra por los factores o márgenes de seguridad distintos que aplican. Las normativas internacionales aplican normalmente un factor de seguridad de 50. Es decir, el valor fijado por la normativa es 50 veces inferior al que se ha comprobado como inocuo.

De esta forma quedarían completamente definidos los valores de referencia que se han de cumplir en la normativa.

España por tanto dispone, en materia de emisiones radioeléctricas, de un completo marco regulatorio, en línea con los países de nuestro entorno que restringe los niveles de emisiones radioeléctricas a unos niveles considerados, hoy en día, inocuos para la salud por la comunidad científica internacional, y que está abierto a estudios, análisis y cuanta información sea relevante y que pudiera afectar a cambios en dicha normativa.

4.5 Despliegue de redes WI-FI

La tecnología Wi-Fi ha encontrado aplicaciones en todos los ámbitos de la sociedad y está presente en un amplio y variado repertorio de escenarios de actuación. Si bien es cierto que es difícil el desarrollo de un proyecto tipo válido para todas ellas, sí que sería recomendable seguir la metodología básica que se va a describir en el siguiente apartado, de aplicación en todos los casos, que contribuirá al despliegue de la red Wi-Fi de forma satisfactoria [19][20].

El problema de este estándar es que el exceso de oferta y la consiguiente reducción de precios han dado lugar a que multitud de empresas y profesionales sin la adecuada formación, conocimientos y experiencia se incorporen, de una forma u otra, a un mercado y a un sector que desconocen.

Es importante destacar que en una red Wi-Fi sin un adecuado diseño, sin una debida planificación de recursos, sin una cuidada instalación y sin unos protocolos de pruebas adecuados se producirán con toda seguridad:

- Problemas de interferencias con otras redes que usen ese mismo estándar o con otros equipos y sistemas que trabajen en la misma banda de frecuencias.
- Dificultades de protección frente a redes “concurrentes” u otras como por ejemplo hornos de microondas, que emplean la misma banda de frecuencias (que es de uso común).
- Falta de cobertura, o cobertura inadecuada, como consecuencia de un mal diseño de la red radio con respecto al entorno donde va a ser utilizada.
- Un aumento de las complejidades técnicas y del coste final de la red, si se realiza una inadecuada elección en el número y posición de los puntos de acceso.
- Problemas de calidad del servicio como resultado de un inadecuado dimensionamiento de la capacidad de la red.
- Problemas o falta de seguridad en la red y, por tanto, posibilidad de usuarios no autorizados que pueden hacer uso de los recursos de red o acceder ilegalmente a nuestra información.
- Falta de flexibilidad de la red para irse adecuando al número y perfil de los usuarios que se incorporan al servicio.
- Problemas de movilidad debido a una escasa o nula valoración de los procesos de itinerancia y traspaso.
- Problemas con el tránsito a nuevas aplicaciones y servicios por un inadecuado diseño de la red.

El respeto a la normativa vigente y la existencia de un proyecto técnico previo elaborado por un técnico competente y visado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, es muy recomendable para que esta tecnología pueda crecer de forma sostenida, sea utilizada de forma eficaz, pueda evolucionar con éxito y ofrezca resultados satisfactorios a sus clientes finales.

4.5.1 Metodología para el despliegue de una red WI-FI

El objetivo de este apartado es proponer una metodología para la elaboración de proyectos técnicos para el despliegue de redes inalámbricas. La realización de este tipo de proyectos por técnicos competentes así como el visado colegial ofrece una garantía de la correcta implementación técnica de este tipo de redes.

La metodología de despliegue de una red inalámbrica deberá contemplar las siguientes etapas:

- Especificaciones de la red.
- Dimensionado y determinación del equipamiento.
- Planificación radioeléctrica.
- Cálculo del nivel de emisiones radioeléctricas.
- Despliegue.
- Certificación y puesta en servicio.
- Gestión de Red y Provisión de Servicios.

En la tabla 10 se muestran los objetivos que se realizan en cada uno de los apartados propuestos de la metodología, así como los parámetros de entrada y los resultados obtenidos como salidas [19]:

	Objetivos	Entrada	Salida
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los requisitos de la red en términos de capacidad, funcionalidad y servicios. • Generación de la especificación técnica de la red. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos y datos del cliente. • Estructura de los edificios. • Infraestructura de la red cableada. • Permisos especiales. • Normativa vigente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Especificación funcional de la red: capacidad y servicios.
Dimensionado	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las capacidades y equipamientos necesarios para el funcionamiento de la red. 	<ul style="list-style-type: none"> • Especificación de la red y el servicio. • Potenciales usuarios. • Información de la zona de despliegue: área de cobertura, tipo de edificio y capacidad esperada. • Tipo de servicios. • Políticas de seguridad. • Condiciones ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estándar inalámbrico seleccionado. • Equipamiento necesario. • Arquitectura de red. • Capacidades de datos, política de enrutamiento y enlace con la red troncal. • Eficiencia en prestaciones y costes de inversión y explotación.
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Definir las estaciones fijas y ubicaciones exactas. • Determinar las prestaciones esperadas de la red en cada punto de servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionado. • Ubicación de los emplazamientos. • Información geográfica detallada. • Restricciones geográficas y técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emplazamientos concretos. • Nivel de señal esperada. • Capacidad esperada. • Composición de las estaciones: equipos, cables, antenas, etc. • Datos para la conexión a la red.
Emisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de los niveles de emisiones radioeléctricas según Real Decreto 1066/2001 y Orden CTE/23/2002. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características y parámetros técnicos de equipos y antenas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de cumplimiento de acuerdo con los cálculos realizados. • Medidas de niveles de emisión.
Despliegue	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación física de la instalación: APs, cables, antenas, alimentación, accesorios, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de despliegue. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de instalación, pruebas y hojas de incidencias.
Certificación	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación de los emplazamientos. • Efectuar puesta en servicio. • Verificar conformidad de la red. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de despliegue. • Informes de instalación, pruebas y hojas de incidencias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de puesta en servicio y pruebas de conformidad.
Gestión de Red y Provisión de Servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación de ancho de banda por servicio y por usuario. 		<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de Negocio: clientes, facturación y reclamaciones. • Gestión de red y servicios: provisión, inventario, incidencias, monitorización de red, mediación para tarificación.

Tabla 4.3: Metodología para el desarrollo de proyectos de redes inalámbricas

4.5.1.1 Especificaciones de la red

El objetivo de esta etapa es caracterizar la red Wi-Fi solicitada a partir de los requerimientos (impuestos por el cliente) que debe cumplir. A partir de estos requisitos y de otros parámetros, como la infraestructura que da soporte a la red o la normativa vigente, se evaluará si se está en disposición de cumplir las exigencias y, en caso afirmativo, se traducirán dichos requisitos a especificaciones técnicas (funcionalidad, capacidad de transmisión y servicios que se ofrecerán a los usuarios) que definirán por completo la red.

4.5.1.2 Dimensionado y determinación del equipamiento

A partir de las especificaciones técnicas que definen la red (como la capacidad total demandada, los servicios que se van a ofrecer, las medidas de seguridad exigidas, etc.), la información de la zona en la que se va a implementar dicha red y las características y necesidades de los usuarios potenciales, se elegirá la tecnología inalámbrica adecuada (por ejemplo: IEEE 802.11b, 802.11a ó 802.11g).

Con todos estos datos y mediante unos sencillos cálculos, se determina el **número de Puntos de Acceso** necesarios para cubrir las especificaciones así como cualquier otro equipamiento adicional requerido, y se detallarán las características exigidas a cada dispositivo.

Por último se escogerá la **topología** que optimice el funcionamiento de la red y se planificará cualquier interconexión (con la red cableada, por ejemplo) que resulte eficaz.

4.5.1.3 Planificación radioeléctrica

Es el apartado más importante para éste Proyecto, ya que el software desarrollado y explicado posteriormente está ubicado en dicho apartado. De la misma forma, es uno de los apartados más importantes a la hora de plantear el despliegue de una red inalámbrica usando tecnología Wi-Fi. Del correcto despliegue se pueden derivar innegables beneficios tanto de índole técnica como económica.

A partir del dimensionado y determinación del equipamiento realizado en la etapa anterior, y estando en posesión de un riguroso conocimiento de la geografía en donde se situará la red mediante planos y documentos equivalentes (incluyendo cualquier posible restricción física, técnica o geográfica que condicionen el futuro emplazamiento de las estaciones), se determinará la **ubicación exacta** de los Puntos de Acceso de forma que dé cobertura a todo el área de servicio. Para ello será necesario elegir uno entre los posibles **modelos de propagación** de señal existentes (como por ejemplo el modelo de doble pendiente o el modelo ITU-R M1225, cada uno con su rango de validez) y aplicarlo para distintas ubicaciones de los Puntos de Acceso (mediante un método iterativo de pruebas). Una vez efectuados los cálculos correspondientes a cada posible configuración, se elige aquella solución que satisfaga de forma óptima las especificaciones de cobertura exigida.

Es posible que para dar una cobertura aceptable sea necesario llevar a cabo alguna variación de los dispositivos inalámbricos inicialmente propuestos (como resultado del dimensionamiento) o incluso recurrir a equipamientos adicionales tales como antenas externas o Puentes Inalámbricos (Wireless Bridges) para extender el alcance de los Puntos de Acceso.

Adicionalmente, a la hora de determinar la ubicación exacta de los Puntos de Acceso hay que considerar también que en el caso de trabajar con **entornos multicelda** hay que elaborar una rigurosa planificación radioeléctrica de tal forma que en ningún caso haya solapamiento de frecuencias entre distintos Puntos de Acceso. Si en la red se necesitan, como mucho, tres Puntos de Acceso no habrá ningún problema, porque cada uno de ellos operará en una frecuencia diferente (canales 1, 7 y 13). La dificultad surge en el caso de que el número de Puntos de Acceso sea mayor o igual de cuatro, en cuyo caso sería necesaria la reutilización de frecuencias y habría que realizar una cuidadosa asignación de canales a las células para evitar que dos celdas que trabajen a la misma frecuencia interfieran entre sí. En ambos casos se debe procurar que el solapamiento entre áreas de cobertura de células vecinas sea mínimo.

Una vez definidos dichos emplazamientos con exactitud es fácil calcular el nivel de potencia previsto en cada punto perteneciente a la red (planteándolo como un problema de propagación de la señal) y a partir de ahí se deduce la **capacidad esperada** en toda el área de cobertura (ya que la capacidad disponible depende de la relación señal a ruido en recepción).

Además ya se está en condiciones de precisar el camino exacto por el cual discurrirán los cables que compongan una eventual red cableada, por ejemplo para conectar los Puntos de Acceso entre sí mediante Ethernet, y también dónde y cómo se efectuaría la conexión a Internet.

En esta etapa de planificación resulta de gran utilidad el software diseñado específicamente para el presente Proyecto Fin de Carrera, que se explicará en un apartado posterior.

4.5.1.4 Cálculo del nivel de emisiones radioeléctricas

De acuerdo con la legislación aplicable (Real Decreto 1066/2001 y Orden CTE/23/2002) deben realizarse los cálculos de los niveles de **emisiones radioeléctricas** que generan las estaciones radiantes de la red (como por ejemplo los Puntos de Acceso) a partir de sus especificaciones técnicas, teniendo en cuenta además los niveles preexistentes.

La **normativa** recoge la elaboración de un informe que evalúe, con carácter previo a su instalación, las emisiones radioeléctricas esperadas de acuerdo con los cálculos realizados. Contempla además la realización, con carácter obligatorio, de las medidas necesarias para asegurar que los niveles de emisión cumplen con la norma, antes de autorizar su puesta en funcionamiento.

4.5.1.5 Despliegue

En esta etapa se lleva a cabo la **implementación física** de la red Wi-Fi diseñada en el proyecto técnico que se ha venido elaborando en los pasos anteriores.

Este proceso comprende la instalación de todos los equipos, cables, sistemas de alimentación, infraestructura de seguridad, etc. que van a formar parte de la red, así como su posterior configuración en los casos en los que sea necesario.

Todo este despliegue debe quedar reflejado en los documentos pertinentes (informes de instalación, informes de pruebas, hojas de incidencias, etc.).

4.5.1.6 Certificación y puesta en servicio

A partir del proyecto técnico y de los documentos elaborados en la etapa anterior se verifica mediante las pruebas oportunas que todo se desarrolla tal y como estaba previsto y que se respeta la normativa vigente. En ese caso se obtendrá la **Certificación** que permite ya la **puesta en servicio** de la red.

Nuevamente, este proceso debe plasmarse en los informes dedicados a tal fin.

4.5.1.7 Gestión de red y provisión de servicios

Una vez la red está en funcionamiento, comienza la última etapa, dedicada por una parte a las **tareas de gestión de la red y de los servicios**, como la asignación del ancho de banda entre los distintos usuarios y servicios disponibles, la monitorización de la red, etc; y por otra parte a las **tareas de gestión propias de un negocio**, como son la atención a los clientes, la facturación de los servicios o el estudio de posibles reclamaciones.